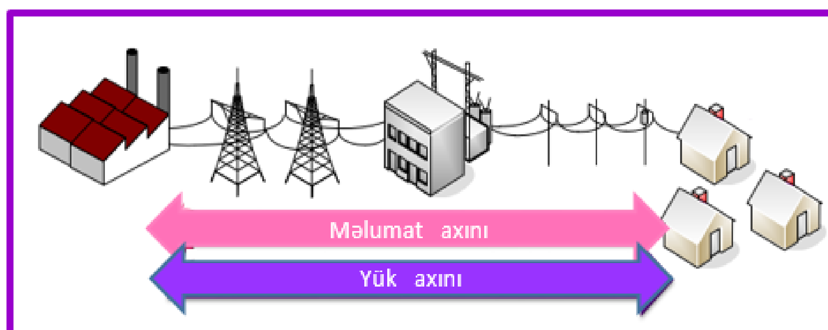


ENERJİ: KEÇMİŞ VƏ GƏLƏCƏK VEKTORLARIN KƏSİŞMƏSİNDƏ

Nurəli Yusifbəyli

ENERJI: KEÇIMIŞ VƏ GƏLƏCƏK VEKTORLARIN KƏSIŞMƏSINDƏ



Bakı – 2020

Nurəli Yusifbəyli

ENERJI: KEÇIMIŞ VƏ GƏLƏCƏK VEKTORLARIN KƏSIŞMƏSINDƏ

ADNSU-nun 100 illiyinə həsr olunur

Bakı - 2020

UOT 620.9

Elmi redaktor: T.e.n. professor M. Ağamalıyev

Rəyçilər: T.e.n., dosent Z. Hasənov

T.e.n. dosent Ş. Nəsirov

Yusifbəyli Nurəli Adil oğlu,
Enerji: keçimiş və gələcək vektorların kəsişməsində
Elmi-kütləvi kitab, Bakı, ADNSU, 2020 – 239 s.

Kitapda enerjidən istifadənin inkişafı, onun istehsal texnologiyaları və gələcək inkişaf imperativləri ilə bağlı məlumatlar və eləcə də müəllifin mülahizələri təqdim olunmuşdir.

Kitab sahə üzrə mütəxəssislərlə yanaşı digər sahələrdə çalışan oxucü kütləsi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

MÜNDƏRİCAT

FƏSİL II

FƏSİL III

Hesab edirəm ki, bizim iqtisadi kompleksimizdə elektrik enerji kompleksi əsas yer tutur.

Heydər Əliyev

MÜQƏDDIMƏ VƏ MİNNƏTDARLIQ

Məlumdur ki, enerji, o cümlədən elektrik enerjisi son yüz ildən artıq bir dövrdə sivilizasiyanın inkişafındakı sıçrayışı, dünyanın yenidən qurulması və insanların sosial müdafiəsində öz rolunu oynamış və məhz bəşəriyyətin sonrakı inkişafı üçün başlanğıc nöqtə onun əsasında hazırlanmışdır.

Enerjinin vacib növündən biri hesab olunan elektrik enerjisinin enerji təminatında xüsusi yeri, onun uzaq məsafələrə verilməsinin mümkünlüyü, digər növ enerjiyə asanlıqla çevrilmə imkanlarının olması ilə əlaqədardır. Eyni zamanda, qeyd edək ki, elektrik enerjisinin böyük həcmlərdə akumlyasiya etmək imkanlarının olmaması, onun böyük surətlə axması, texnoloji cəhətdən yüksək idarəetmə sistemlərinin vacibliyini şətrləndirir. Elektrik enerjisi bəşəriyyətin elmi-texniki inkişafının əsas faktoru kimi, yüksək texnologiyaların bazisini formalaşdırmaqla yanaşı, əmək məhsuladarlığını yüksəltmiş, əməyin fiziki strukturunu dəyişərək insanların həm məişətdə, həm də istehsalatda həyat şəraitini və keyfiyyətini dəyişmişdir.

Müasir dövrdə elektriklə (elektrik enerjisi ilə) əlaqəsi olmayan insanların çətin ki, tapılması mümkün olsun. Hara baxsaq, o bizə xidmət edir. Elektrik, evlərdə parlaq işıqlar, zavod və fabriklərdə müxtəlif avadanlıqlardır, televizor və telefonlar, kompyütürlər, elektrik qatarları və s-dir. Əgər

kosmosdan müşahidə etsək, görərik ki, Yerin qaranlıq hissəsində işıq ləkələri yaranır və günəş şüaları parlamağa başladıqdan sonra sönürlər. Bu, bizim miliyonlıarla qoşulu elektrik işıqlanma lampaları gecəni qarşılayır və tədricən günəş parlamğa başladıqda sönürlər.

Tam mümkündür ki, elektriklə o insanlar da bilik əldə etmək istəyərlər ki, onlar üçün bu lazım deyil. Psixoloqlar təcürbə yolu ilə müəyyən ediblər ki, həyat dəyərləri şkalasında bilik çox yüksək səviyyədə dayanır. İsbat olunub ki, biliyə ehtiyac qədim dövrlərdən irsən ötürülən qeyri – şərtsiz refukslə əlaqədardır.

Məhz bu səbədən, elm və texnolojiyanın əsasları, bizi əhatə edən ətraf mühüt, cəmiyyətin həyatının əsasları haqqında ümümi təsəvürrlərimiz olmayanda özümüzü narahat hiss edirik. Təsadüfi deyil ki, qabaqcıl ölkələrin elm və təhsil müəssilərində, həttda humanitar ixtisalar ürə təhsilalanlara dəqiq elmlər haqqında az da olsa biliklər verirlər. Hətta xüsusi dərsliklər mövcuddur, məsələn, “Şairlər üçün fizika”.

Qeyd edək ki, elektrik sahəsi insanlar üçün adət etdiklər sahə hesab olunmur. Mexaniki və istilik hadisələri ilə bəşəriyyət min illərlə tanışdırlarsa, elektiklə yalnız son üç yüz ildə məşğul olmağa başlamışlar. Bundan əlavə, elektrik prosesləri bizdən gizlədilib, onların qavranması üçün, görünməyən elektrik dünyasına səyahət etmək lazımdır. Maşın və mexanizmlərin nəzəriyyəsini bilmədən velisoped yığmaq olar, lakin, elektrik sahəsinin nəzəri əsaslarını bilmədən çətin ki, hər hansı elektrik maşınının işləmə pinsiplini başa düşmək mümkündür.

Bu baxımdan, elektroenergetika sektorunun generasiya mənbələrini, elektrik enerjisinin istehsal və ötürülməsi sistemlərini, enerji resurslardan istifadəni, istehsalat qurğularını, istilik enerjisinin ötürülməsini, elm və texnikanı, iqtisadiyyatın əsaslarındakı göstəriciləri, texniki inkişaf proseslərini, əhalinin həyat tərzini və nəhayət istehsalat mədəniyyətini və məişətini özündə birləşdirən dinamik inkişafda olan yanacaq-enerji

kompleksinin ən vacib sahələrindən biri kimi, bu sahə üzrə yüksək ixtisaslı mütəxəssislərin hazırlanması prioritet hesab olunur.

Yuxarıda qeyd olunanaları nəzərə alaraq, kitabın hazırlanmasında əsas məqsəd kimi, sahənin gənclər arasında cəlbediciliyini yüksəldilməsi, yəni sözügedən sahə üzrə kadr hazırlığını stimillaşdırması qəbul olunmuşdur.

Böyük oxucu kütləsi üçün nəzərdə tutulan **"Enerji: Keçmiş və Gələcək vektorların kəsişməsində”** adlı bu kitab girişdən və altı fəsili özündə birləşdirən iki hissədəm ibarətdir. Kitabda enerjinin təkamülü onun növləri, keçmişi və gələcəyi haqqında yığcam məlumat verilir. Müəllif bəzi sadə elektrik cihazlarının işi haqqında, elektrik enerjisinin alınma üsulları, elektrik kəmiyyətlərinin ölçü vahidlərinin baza prinsipləri və ölçü vahidləri, elektrik sahəsinin inkişafında əsaslı rol oynamış qanunlar, energetikanın gələcək imperativləri və s. haqqında qeyri – mütəxəssislər də daxil olmaqla bütün oxucuların, eləcə orta məktəb şagirdlərinin tələblərinə cavab verən səviyyədə məlumatların təqdim olunmasına cəhd etmişdir. Bu məqsədlə, kitabda elektrik enerjisnin fiziki mahiyyəti və onun “yaxın qohumu” olan maqnetizm haqqında da məlumatlara yer verilir.

Həmçinin, kitabda enerji mühəndisləri və əlaqəli sahələrdəki mütəxəssislər, xüsusilə digər sahələrdə çalışan qeyri – mütəxəssilər üçün vacib olan geniş və faktiki material verilir.

Təqdim olunan kitab oxucu üçün enerji sənayesinin bütün sahələri üzrə inkişafına, mövcud vəziyyətinə və perspektivlərinə həsr olunmuş digər materialların qavranılmasında bazis ola bilər. Kitab “sıfır nöqtəsindən “ başlayır, yəni, hesab olunur ki, oxucular sahə üzrə hər hansı bilikılərə malik deyil. Bu baxımdan kitabın strukturunda sadə terminlərədən istifadəyə geniş yer verilımişdir.

Energetika sahəsini özləri üçün profesianal fəaliyyət istiqaməti kimi, qəbul edən oxucular, şübhəsiz, bu məqsədlə ölkəmizdə sahə üzrə aparıcı eim – tədris mərkəzi kimi qəbul

olunan Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Unversitetində və ya digər sahə üzrə ixtisaslaşmış elm müəsisələrində təhsil almalı və ciddi dərsliklərdən istifadə etməklə sahənin bütün incəliklərini mənimsəməlidir.

Kitabın hazırlanmasında koronovirus pandemiya şəraitində hövsələ nümayiş etdirdikilərinə görə ilk növbədə ailə üzvlərimə dərin minnətdarlığımı bildirirəm. Həmçinin, kitabın daha da zənginləşməsində verdikləri faydalı tövsiyələrinə görə elmi redaktora və rəyçilərə, korrektor və kompüter tərtibatçısına təşəkkürümü bildirirəm. Eyni zamanda cari ilin əvvəllərində kitabın hazırlanmasında ilk təşəbbüslə çıxış etdiyinə və nəşr olunmasında əvəzsiz xidmətlərinə görə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin rektoru t.e.d., professor Mustafa Babanlıya öz ehtiramımı və təşəkkürümü bildirirəm.

Kitabda qüsurlara da rast gəlinə bilər. Müəllif əvvəlcədən minnnətdarlıqlarını bildirməklə kitab haqqında qeydlərin növbəti ünvana göndərilməsini xahiş edir:

Bakı ş, Azadlıq prospekti 16/21, ADNSU, “Enerji İstehsalı Texnolojiyaları” kafedrası.

N. Yusifbəyli

GİRİŞ

Enerji Kainatda və Yer kürəsində həyatın əsasını təşkil edir. O, bütün hərəkət formalarının və materiyanın tarnformasiyasının mənbəyidir. Enerji faktoru sivilizasiyanın inkişafını, həyat səviyyəsini və ölkə iqtisadiyyatını müəyyən edən fundamental əsaslardan biridir.

Hesab olunur ki, son 400 ildə yaşadığımız Yer planetində, hazırki dünya sivilizasiyasına verdiyi töhfələrlə görə ən əhəmiyyətli və orijinal kəşflərdən biri elektrik enerjisinin kəşfi olmuşdur. Eyni zamanda, praktik istifadə üçün "elektrik" ([2] -ə görə, bu anlayış "elektrik yüklərinin mövcudluğu, qarşılıqlı əlaqəsi və hərəkəti nəticəsində yaranan hadisələrin məcmusu" kimi başa düşülür) yalnız XIX əsrin ortalarından başlayaraq insanların ixtiyarına verilmişdi.

Enerji, yeganə unversal valyutadır ki, onun hər hansı formada transformasiyası olmadan yaratmaq mümkünsüzdür. Bu tarnsformasiyalar qalaktikanın fırlanmasından ulduzların təkində baş verən termonüvə reaksiyasına qədər dəyişir. Yer üzərindəki həyat günəş enerjisinin fitokütləyə fotosintez keçidi olmadan mümkün deyil. İnsanların həyatının davam etdirməsi bu və digər enerji axınlarının tarnsformasiyası olmadan təsəvvür oluna bilməz.



Hans Xristian Ersted (1777 - 1851

Bununla bağlı ingilis yazıçısı Richard Adams (1920-2016) demişdi: "Ən ağılsız ideyaları ortaya çıxara bilərik, lakin bu ideyaları həyata keçirmək imkanımız yoxdursa bunlar ideya

olaraq qalacaqlar. Tarix gözlənilməz bir şəkildə hərəkət edir. Lakin, buna baxmayaraq, tarixin hadisələri onların enerji komponentləri ilə harmoniyada olan ahəngdar bir quruluşa və ya təşkilata güvənir".

Qeyd etmək yerinə düşər ki, Hans Xristian Ersted, elektrik cərəyanının maqnit əqrəbinə təsirinin tədqiq etmək arzusunda olduğunu elan etdikdən 13 il sonra, 1820-ci ildə o, elektrik cərəyanının maqnit xassələrini ixtira etdi. Bu hadisədən 11 il sonra Maykl Faradey ilk dəfə elektromaqnit induksiya hadisəsini ixtira etdi. Bu ixtira bütün generatorların əsasını təşkil etdi və nəticədə M. Faradey tərəfindən ilk elektrik generatoru yaradıldı. Faradeyin elektromaqnit sahə nəzəriyyəsinin yeni ifadələrini Gorg Maksvell yalnız 1873-cü ildə təqdim etdi.



Maykl Faradey (rəssam T. Fillips (1791 - 1867

Beləliklə, XVIII əsrin əvvəllərindən elektriklə bağlı bəşəriyyətə təqdim olunan ixtiralar əsasında 200 ildən artıq bir müddətdə Yer kürəsi müxtəlif növ, o cümlədən, mədən yanacaqları ilə ilə işləyən istilik və nüvə enerjisi əsaında atom elektrik stansiyaları ilə əhatə olundu, energetiklər su, külək, günəş, okean axınları, yeraltı isti sulardan enerji məqsədləri üçün istifadə olunması istiqamətində naliyyətlər əldə etdilər.

Orta hesabla 150 il əvvəl elektrik lampaları mürəkkəb fiziki cihaz, elm və texnikanın tapıntısı hesab olunsa da, bir neçə tədqiqatçı və mühəndislər nəsli elektrik sahəsini öyrəndiklərinə görə, bu gün elə səviyyəyə çatdırıblar ki, elektrik cihazlarından istifadə sadə və rahat olmuşdur, onlardan istifadə üçün hər hansı xüsusi biliklər tələb olunmur. Sadəcə düyməyə toxunmaqla,

otaq işqlanır və ya televizor qoşulur. Bununla yanaşı, həyatımızın mühüm ayrılmaz hissəsi olan elektrik cərəyanı necə hasil olunur və hansı metodlarla tələbatçılara çatdırılır və ya elektrik cihazlarında necə faliyyət göstərir bu haqda düşünmürük. Bizim işimiz sadəcə hansı düyməyə toxunmaqdan ibarətdir.

Həqiqətən, əldə olunması mümükün olmayanları əldə etməyə çalışmağa ehtiyac yoxdur. Bizim istifadəmizdə çoxsaylı elektrik cihazları mövcuddur və onaların hər birinin işləmə prisipini və quruluşunu bilmək vacib deyil. Bu məqsədlə, xüsusi təhsil almış mütəxəssislər mövcuddur. Təyarəyə daxil olarkən kəməri bağla və uşuşdan həzz al, bələdçidən reaktiv mühhərikin dizel qurğularından fərqini soruşma. Digər cihazlarda olduğu kimi, kompyüterin klaviaturasına toxunarkən onun hansı mürəkkəb çevirmələr nəticəsində funksiyasını bilmədən kompyüterdə rahat işləmək olar.

Elektrik enerjinin ən çevik formasıdır və bununla əlaqəli ümidlər bir çox ixtiraçı (Edison, Westinghouse, Steinmets, Ford) və siyasətçilərə ilham vermişdi. Vətəndaş müharibəsi dövründə, Vladimir İliç Lenin (1920) belə qənaətə gəlmişdi ki, “iqtisadi uğur, həqiqətən, Rusiya proletar dövləti müasir texnologiyanın təməlləri üzərində qurulmuş, elektrikləşdirmə mənasını verən böyük bir sənaye maşınının bütün iplərini cəmləşdirəcəyi halda mümkündür”.

1954-cü ildə ABŞ-ın Atom Enerjisi Komissiyasının (1953 ilə 1958 arasında keçirilmiş) sədri Lyuis Strauss (1896-1974) Nyu Yorkdakı Elmi Yazıçılar Birliyinə demişdi: “Uşaqlarımız evlərində o qədər ucuz elektrik enerjisindən istifadə edəcəklər ki, onun hesabını aparmayacaqlar. Övladlarımızın zaman-zaman fərqli bölgələrdə baş verən böyük aclıq barədə biləcəyi yalnız bir tarixi problem olaraq görünəcəkdir. Onlar dənizlərin üstündən və altından və havadan minimum təhlükə və yüksək sürətlə səyahət edə biləcək və bizdən daha uzun ömür yaşayacaqlar...”.

1971-ci ildə Straussun əvvəlcədən proqnozlaşdırdığı kimi, eyni kresloya sahib olan Glen Siborg, “2000-ci ilə qədər ABŞ-da elektrik enerjisi mənbələrinin yarısı ekoloji cəhətdən təmiz və təhlükəsiz nüvə reaktorları təşkil edəcək və nüvə ilə işləyən kosmik gəmi insanları Marsa aparacaq” (Seaborg 1972) fikirini söyləmişdi.

Əslində, 1980-ci illərdə Qərbdə yeni atom elektrik stansiyalarının tikintisi demək olar ki, tamamilə dayandırıldı və 1986-cı ildə “Çernobıl”dakı fəlakətdən və 2011-ci ildə “Fukusima”da baş verən partlayışlardan sonra bu sənayenin perspektivləri daha da pisləşdi. Əvəzində bütün ümidlər külək turbinlərinə və günəş panellərinə istiqamətləndi.

Elm və texnologiyanın dünya tarixinə ekskursiyası göstərir ki, elektrik enerjisinin sənaye və məişət istifadəsi üçün əvvəlcə elektrik enerjisi istehlakçılarına yerüstü (kabel) elektrik xətləri ilə ötürülən dəyişən gərginlik və sonra dəyişən elektrik cərəyanı yaradan güclü elektrik generatorları yaradılmışdır.

Ötən əsrlər boyu sivilizasiyamızın inkişaf tarixi onu göstərir ki, elektrik enerjisinin kəşf edildiyi ilk günlərdən bəşəriyyət bu böyük elmi və texniki ixtiradan çox asılı vəziyyətə düşmüşdür. Sonradan, bəşəriyyət tarixində demək olar ki, heç bir böyük texnoloji nailiyyət elektriksiz və onun elementar daşıyıcıları – sərbəst elektron olmadan əldə edilməmişdir [3,4].

Məlumdur ki, elektroenergetika potensialı, elektrik enerjisinin istehlak strukturu və miqyası, ondan istifadənin effektivlik səviyyəsi istənilən dövlətin iqtisadi potensialının vacib xarakteristikası olmaqla yanaşı, eyni zamanda cəmiyyətdə aparılan iqtisadi islahatların dinamikliyinin və həyat səviyyəsinin göstəricisidir. Bu baxımdan elektroenergetika sektorunun inkişafı ötən dövrlərdə olduğu kimi, gələcəkdə də dövlətlərin iqtisadi siyasətinin mühüm tərkib hissəsi olaraq qalacaqdır.

HİSSƏ I

FƏSİL I

1.1. TƏBİƏT HADİSƏLƏRİNİN ENERJİ MAHİYYƏTİ. TƏBİİ ENERJİ EHTİYATLARINDAN İSTİFADƏ TARİXİ

Enerji tarixi, onun müasir və gələcək dövrlərə qədər inkişaf yolu, sivilizasiyanın inkişafındakı əhəmiyyətini başa düşmək üçün son dərəcə maraqlı və vacibdir.

Fransız filosofu Oqyust Kont (1798 – 1857) yazırdı ki, "inkişaf tarixini bilmədən heç bir elmi intizamı həqiqətən mənimsəyə bilmərzsiniz."

Qədim dövrlərdən bəri enerji insan həyatını və sivilizasiyanın inkişafını təyin edən ən vacib amil olmuşdur. İnsanın od əldə etməsindən başlayaraq əsrlərdən bəri davam edən enerji tarixi, çayların, küləyin enerjisi və bu günə qədər davam edən axtarış, böyük kəşflər, biliklərin toplanaraq nəsildən-nəslə ötürülməsi, təbiət qanunlarının öyrənilməsi sahəsində ən vacib nailiyyətləri əks etdirir.

Sivilizasiyanın bütün inkişafı, texniki nailiyyətləri, qədim metallurgiyadan tutmuş keramika istehsalına, buxar mühərriklərindən yüksək və ifratyüksək temperaturdan istifadə edərək elektrik, istilik və nüvə energetikasına qədər - odun kompleks istifadəsi ilə əlaqədardır.

Tarixən istilik mənbəyi kimi, oddan istifadə insanın ətraf mühitdən asılılığını azltdı, onu daha güclü etdi, gücünü artırmağa və fikrini inkişaf etdirməyə imkan yaratmışdı.

Qədim Yunan filosofu Herakli (e.ə. VI əsrin əvvəlləri - V əsrlər) dünyanın əsasını od təşkil etdiyini deyir və cəsarətlə bəyan edirdi ki, “bu kosmosdur, mövcud olan hər şey üçün

eynidir, onu heç bir tanrı və heç bir insan yaratmamışdır, lakin həmişə canlı bir od var və bundan sonra da olacaq, o alovlanan və ya sönən olacaqdır”.

İnsan geniş bir enerji okeanına daim yiyələnmişdir. Lakin, enerjinin əldə olunması, sivilizasiyanın inkişafı ilə yanaşı, tədricən və böyük çətinliklə davam etmişdi. İnsan mövcud olduğu müddətdə enerji uğrunda mübarizəsi davam edir və bundan sonra da davam edəcəkdir.

Günəş insanın istifadə etdiyi enerji növlərinin böyük əksəriyyətinin mənbəyidir: su (hidro) və külək enerjisi, təbii ehtiyatlarda yığılan enerji, ağac, biokütlə və s. Günəş insan tərəfindən qədim zamanlardan bəri hər şeyə həyat və güc verən bir tanrı kimi qəbul edilmişdir.

XX əsrin elmi nailiyyətləri Yerin quruluşu və onun təkində və kosmosda baş verən qlobal proseslər haqqında müəyyən fikirlərin formalaşmasına imkan vermişdi.

Yüz milyonlarla ildir ki, Yer kürəsində enerji mübadiləsi, müxtəlif enerji formalarının çevrilməsi və formalaşması prosesi baş verir. Məlumdur ki, mədən enerji ehtiyatları kömür, torf, neft, təbii qaz və s. orqanizmlərin həyat fəaliyyətinin nəticəsidir. Bütün biosfera və həyat yer səthində baş verən biokimyəvi proseslərdə çox vacib olan günəş enerjisi sayəsində mövcud olmuşdur.

Günəş, külək və su enerjisi sayəsində Yer üzünü dəyişdirən, insan tərəfindən qədim zamanlardan bəri istifadə edilən bərpaolunan enerji mənbələridir (BEM) və hazırda, şübhəsiz ki, yaxın gələcəkdə (növbəti on illiklərdə) daha çox tətbiq ediləcəkdir.

Odu mənimsəyərək ətrafındakı yeni enerji mənbələrini axtarmağa davam edən insan, axan su və küləyin enerjisinə müraciət etmişdi.

Təbiətdəki günəş enerjisinin təsiri altında su dövranı fasiləsiz olaraq davam edir. Səthdən buxarlanaraq, su buxarı hava axınları ilə aparılır, sonra kondensasiya olunaraq yer

səthinə tökülərək çayları formalaşdırır. Yerin səthində atmosferin səth qatlarında qeyri-bərabər günəş radiasiyasının təsiri altında hava fərqinin - küləyin hərəkətinə səbəb olan temperatur fərqi və atmosfer təzyiqinin qradiyentləri yaranır.

Bütün dövrlərdə su insanların həyatını müəyyənləşdirən vacib amil olmuşdur. Misir, Mesopotamiya, Hindistan, Çin və digər ölkələrdə suvarma, su təchizatı üçün anbarlar eramızdan əvvəl 4000-3500-cü illərdə qurulmuşdur.

Suvarma kanallarına su vurmaq üçün suyun enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən su çarxları (ilk sadə hidravlik mühərriklər) istifadə olunurdu. Artıq Qədim Yunanıstanda və Romada su çarxları su dəyirmanlarında, su təchizatı üçün və s. İstifadə olunurdu.

Avropada su dəyirmanları artıq III - IV əsrlərdə geniş yayılmışdır. Zaman keçdikcə su çarxları və ötürücü mexanizmlərin dizaynlarının təkmilləşdirilməsi, suyun enerjisindən müxtəlif işlərin icrası üçün istifadə etməyə imkan verdi: fırlanan maşınlar, filizlərin şaxtalardan çıxarılması, suyu hündür sahələrə vurulması və s.

Su çarxları kimi, külək enerjisindən istifadə edən külək çarxları b.e.ə. min illər əvvəl, məsələn Persiyada, Misirdə, Çində suyu yüksəkliyə qaldırmaq və taxıl biçmək üçün istifadə olunurdu.

XII əsrdə külək dəyirmanları Avropada yayılmağa başladı. Külək qurğuları su qurğularından daha sadə olsa da, onların əsas çatışmazlığı küləyin sürətindən asılı olaraq iş rejiminin dəyişməsi idi.

XIV əsrdə külək dəyirmanları Hollandiyada geniş yayılmağa başlamış, burada əsas enerji mənbəyinə çevrilmiş və dəniz səviyyəsindən aşağı ərazilərin qurudulmasında həlledici rol oynamışdı. Daha sonra onlar da müxtəlif mexanizmlərin intiqalı qismində istifadə edilmişdi. Bu, ölkə iqtisadiyyatının inkişafında mühüm amilə çevrilən külək enerjisinin inkişafıdır.

Orta əsrlərdə əsas enerji mənbəyi su enerjisi olmuşdur. XVII - XIX əsrlərdə əl sənətindən sənaye istehsalına keçid dövründə mexaniki enerjiyə sürətlə artan ehtiyaclar əsasən su çaxları ilə təmin edilirdi [5]. Qərbi Avropanın, Rusiyanın, ABŞ-ın sənaye bölgələrində çox sayda su anbarı tikilir, su çarxları daha güclü və qabaqcıl hala gəlir və fabrik və mədənlərdə müxtəlif növ istehsal sahələrində istifadə olunurdu.

XVIII-XIX əsrlərdə bir çox ölkələrdə, xüsusən də Avropa, Rusiya və ABŞ-da külək dəyirmanları da geniş yayılmışdır.

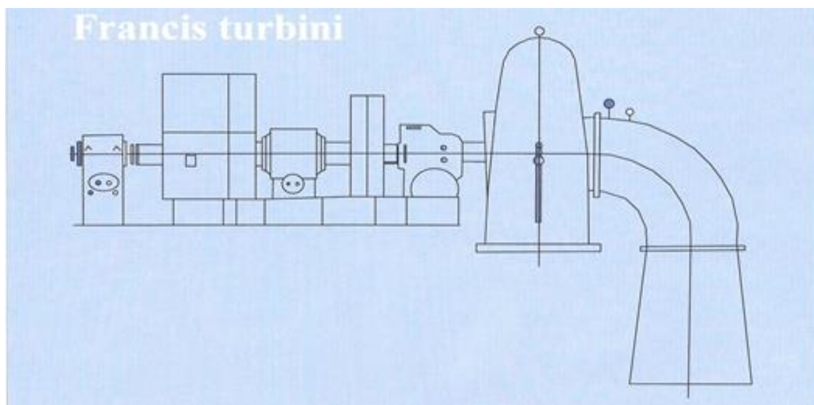
Buxar mühərrikinin XVIII əsrin sonunda ixtirası istehsalda su çarxlarından istifadənin azalmasını şərtləndirdi. Buxar mühərrikləri ilə təhciz olunan sənaye müəssisələrinin üstünlüyü ondan ibarət idi ki, onlar yalnız çayların yaxınlığında deyil, hər yerdə yerləşdirilmə imkanına malik idilər. Bununla insanlar ağacda, kömürdə, torfda saxlanan istiliyi mexaniki enerjiyə çevirərək sonsuz enerji mənbəyi əldə etdilər.

Sadə su çarxından, yığcam, sürət, yüksək məhsuldarlıq və yüksək güc də daxil olmaqla əhəmiyyətli üstünlüklərə malik hidravlik turbinə qədər olan yol uzun və çətin bir yol oldu.

Hidravlika və bir çox insanların hidravlik mühərrikləri nəzəriyyəsi sahəsində elmi tədqiqat işləri, su mühərriklərinin təkmilləşdirilməsində və hidravlik turbinlərin yaradılmasında mühüm rol oynadı. Bunlardan qədim yunan mütəfəkkiri Aristotel (e.ə. 384-322), İntibah dövrünün ən görkəmli nümayəndələrindən biri Leonardo da Vinci (1452–4) 1519), İsveçrə alimləri Sankt-Peterburq Elmlər Akademiyasının üzvləri D. Bernoulli (1700-1822) və L. Euler (1707–1783) və başqalarını göstərmək olar.

Macar alimi J. Segner tərəfindən 1750-ci ildə inşa edilmiş ilk hidravlik turbindən başlayaraq, müxtəlif növ turbinlər yaradılır və tətbiq olunurdu: 1827-ci ildə fransız mühəndisi B. Furneron – reaktiv radial mərkəzdənqaçma, 1837–1841-ci illərdə fransız mühəndis Zhonval və Alman mühəndisi Hentel -

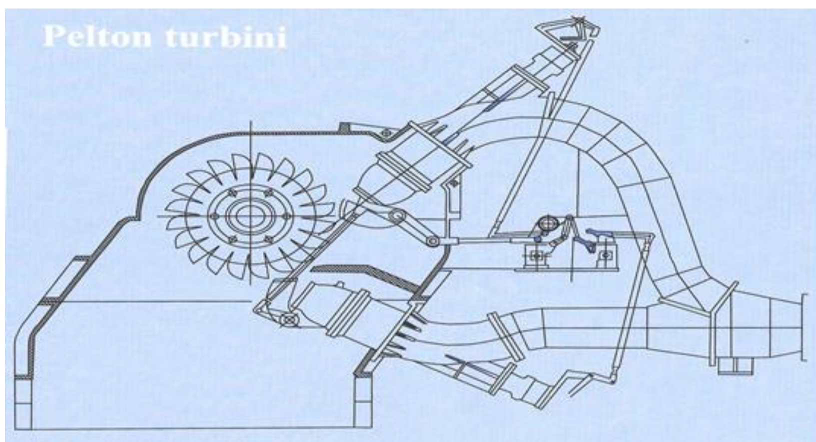
reaktiv aksial, 1849-cu ildə amerika mühəndisi J. Francis – Francis tipli reaktiv radial-aksial (2 – 300 metr su basqısı üçün – *şəkil 1.1*), 1880-ci ildə A. Pelton – Pelton aktiv (impulsiv) (100 – 1000 metr su basqısı – *şəkil 1.2*), 1912-ci ildə V. Kaplan - fırlanan reaktiv tipli turbinləri (2 – 30 metr su basqısı üçün – *şəkil 1.3*) yaratdılar [6].



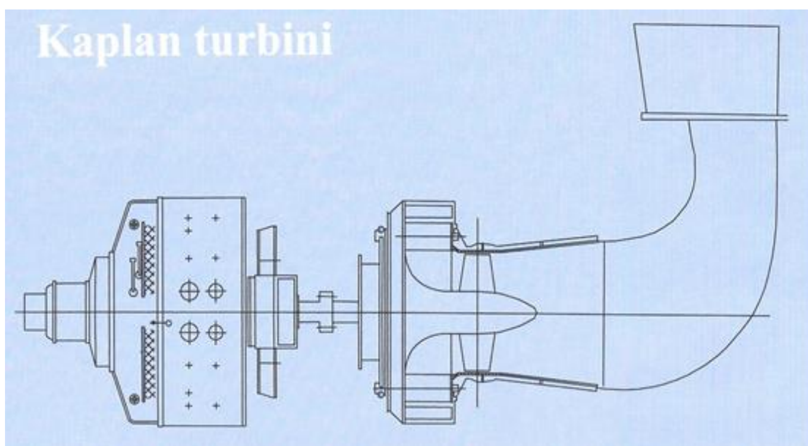
Şək 1.1. Françis turbini

Külək enerjisi problemlərinin həllində və külək turbinlərinin təkmilləşdirilməsində M.V. Lomonosov (1711-1765), N.E. Jukovski (1847–1921), S.A. Çapliqin (1869–1942), L. Prandl (1875-1953), Teodor fon Karman (1881-1963), Yu.V. Kondratyuk (1897-1942) və bir çox digər alimlərin elmi tədqiqatlarının böyük rolu olmuşdur.

Nəticədə, XIX əsrin sonuna elektrik enerjisi sənayesinin inkişafı üçün lazımi şərait təmin edildi: səmərəli buxar və hidravlik turbinlər yaradıldı; təkmil dəyişən cərəyanlı elektrik generatorları işlənildi; praktikada elektrik enerjisinin uzaq məsafəyə ötrülməsinə nail olundu.



Şək 1.2. Pelton turbini



Şək 1.3. Kaplan turbini

1891-ci ildə Almaniyada (Laufendə) rus mühəndisi M.O. Dolivo-Dobrovolskiy rəhbərliyi altında inşa edilən, gücü 220 kVt olan dünyanın ilk sənaye tipli su elektrik stansiyası, XX əsrdə suyun enerji ehtiyatlarından geniş istifadə üçün əsaslar yaratdı. Bunun nəticəsində, XXI əsrin əvvəllərində dünya üzrə bütün su elektrik stansiyalarının ümumi gücü 670 milyon kVt-a

çatdırıldı. Külək enerjisindən istifadə XXI əsrin əvvəllərində tədricən artaraq Dünya üzrə külək elektrik stansiyalarının gücü 18 QVt-ı keçmişdir.

Qeyd etmək yerinə düşər ki, Azərbaycan ərazisində Simens qardaşları tərfindən 1880-ci illərin əvvəlində Gədəbəyin Qalakənd çayı üzərində mis istehsalını elektrik enerjisilə təmin etmək məqsədilə tikilən su elektrik stansiyası Dünyanın ilk sənaye tipli su elektrik stansiyalarından biri hesab olunur (stansiyanın gücü 77,28 kVt olmuşdur) [7]. Azərbaycanda su elektrik stansiyalarının (SES) növbəti inkişaf mərhələsi ötən əsrin 30-cu illərinə təsadüf edir.

1928-ci ildə gücü 2760 kVt olan Çiçəkli (Zurnabad) SES, 1936-cı ildə gücü 1660 kVt olan Şəki SES, həmin ildə gücü 1152 kVt olan Quba SES istismara verilmişdir.

Müharibədən sonrakı illərdə kənd təsərrüfatının elektrikləşdirilməsilə əlaqədar kiçik SES-lərin tikintisi daha böyük vüsət almışdır.

1951-ci ildə respublikada ümumilikdə 45 kənd su elektrik stansiyası, o cümlədən 50 kVt-a qədər 22 ədəd, 50 kVt-dan çox olan 23 ədəd stansiya fəaliyyət göstərirdi. Bundan əlavə 13 SES-in tikintisinə başlanmış, daha 3-nün tikilməsi nəzərdə tutulurdu.

Beləliklə, ölkəmizdə 1928-1973-cü illərdə tikilmiş və ümumi gücü 36,7 MVt olan kiçik SES-lərin istehsal etdiyi elektrik enerjisi təxminən 167 mln.kVt saat təşkil etmişdir.

Növbəti illərdə böyük SES-lərin və İES-lərin tikilib istismara verilməsi, mərkəzləşdirilmiş enerji təchizatına keçidlə əlaqədar olaraq, kiçik SES-lərin tikintisi iqtisadi cəhətdən səmərəli hesab olunmadığına görə dayandırılmışdır. Hidroenerji avadanlıqlarının köhnəlməsi və rentabelliyin aşağı düşməsilə əlaqədar olaraq 1950-1960-cı illərdə 22 kiçik SES, 1964-1973-cü illər ərzində isə 17 kiçik SES ləğv edilmişdir.

Beynəlxalq Energetika Agentliyinin (İEA) məlumatına əsasən 2019-ci də enerji istehlakında elektrik enerjisi

istehsalında təbii qazın payı 37%, kömürün 24%, nüvə 19% və bərpaolunan enerjinin payı isə 19% təşkil etmişdir [8]. Yəni, enerjinin böyük hissəsi hələ də karbon dioksid əsaslı orqanik yanacaqdan istifadə etməklə istehsal olunur. Məlumdur ki, onların əsas çatışmazlığı, təbiətdə yenilənmə imkanının olmaması, istifadəsi zamanı ətraf mühiti çirkləndirməsi və biosferin formalaşan tarazlığına əhəmiyyətli dərəcədə mənfi təsir göstərməsindən ibarətdir.

Buna görə ən çox yayılmış mədən ehtiyatları olan kömür, neft, təbii qaz, neft şisti, torfun təbiətini, xassələrini, tərkibini, yaranma şərtlərini, istifadə imkanlarını, müəyyən edilmiş ehtiyatları və xərclərini bilmək son dərəcə vacibdir.

Kömür, neft və qaz insanlara qədim zamanlardan bəri məlumdur. Kömür sənaye inqilabı dövründə geniş tətbiq olunmağa başlamışdır. XX əsr və XXI əsrin əvvəllərinə onun istehlakı kəskin şəkildə artaraq təqribən 4,7 milyard tona çatmışdır. Dünyada kəşf edilmiş sənaye kömür ehtiyatları 2019-ci ilin əvvəlinə 749 milyard ton qiymətləndirilir (2018-ci ilin istehlak həcmi ilə təqribən 130 ilə kifayət edir) [9]. 2019-cu ilin əvvəlinə BP şirkətinin məlumatına əsasən dünyada kəşf edilmiş neft ehtiyatları 244,1 milyard ton (1,7297 trillion barrel) (2019-cu ilin istehlak səviyyəsi ilə orta hesabla 53 ilə kifayyət edir), təbii qaz 7,124 trilyon fit kubmetr (ft^3) ($1m^3 = 35,315\ ft^3$) [8] səviyyəsində qiymətləndirilir - 2019-ci il səviyəsində istehlak səviyyəsinə davam edəcəyi təqdirdə 54 ilə kifayyət edir. Qeyd edək ki, Standford unversitetinin araşdırmalarına görə, yuxarıda qeyd olunan müddətlər daha pessimistdir [10]. Azərbaycan gəldikdə, ölkəmiz 2,1 trillyon təbi qaz ehtiyyatlarına (ABŞ-nin Mərkəzi Kəşviyyat İdarəsinin (MKİ) məlumatına əsasən 991 milyard kub metr) görə Dünya ölkələri arasında 16-ci (ABŞ-nin MKİ-nin məlumatına əsasən 26-cı yerdə), neft ehtiyyatlarına görə isə 954,8 miliyon (7 milyard barrel) ton təşkil etməklə 20-ci (ABŞ-nin MKİ-nin məlumatına əsasən 18-ci) sırada qərarlaşmışdır.

XX əsr yanacaq-enerji kompleksi və ümumiyyətlə əksər ölkələrin iqtisadiyyatında əhəmiyyətinə görə neft və təbii qaz əsri adlandırıla bilər və XXI əsrin birinci yarısında da qlobal iqtisadiyyatın inkişafında mühüm rol oynayacaqlar. Eyni zamanda, neft və təbii qazın enerji balansında payı bərpaolunan enerji mənbələrinin geniş tətbiqi hesabına azalsa da, onun enerji istehsalında istifadəsi öz üstünlüyünü davam etdirməkdədir.

Sivilizasiyamızın XX əsrdə sürətli, demək olar ki,sıçrayışlı texnoloji inkişafı enerji istehsalında kəskin artım və bərpa olunmayan mineral ehtiyatların istifadəsini tələb etmişdi. Təsadüfi deyilki, bu səbədən son yüz il ərzində yanacaq və enerji ehtiyatlarının istehlakı 30 dəfə artmışdır.

Yaşadığımız əsrin əvvəllərinə Dünyada 8 milyard NET (neft ekvivalenti tonu) olan ümumi enerji istehsalının 85 % -i mineral ehtiyatlara (kömür, neft, təbii qaz və s.) əsaslanır.

İqtisadiyyatın inkişafında və insanların həyat səviyyəsinin yaxşılaşdırılmasında əsas hərəkətverici amil olan elektrik enerjisi ən yüksək artım templəri ilə xarakterizə olunur və XX əsrdə enerjidən istifadə strukturunda elektrik enerjisinin payı daim artaraq inkişaf etmiş ölkələrdə 40% -ə çatmışdır.

Belə ki, 1900-ci ildən 2018-ci ilə qədər dünyada ilkin enerji istehlakı 13 dəfə artaraq, o cümlədən BEM-dən istifadə hesabına (2650 milyard kilovat-saat - ümumi elektrik istehsalında 19%) 12 triliyon kilovat-saatdan 157 triliyon kilovat-saata qədər yüksəlmişdir [11].

İnsan o qədər "güclü" olmuşdur ki, onun ətraf mühitə təsiri fəlakətlə nəticələnə bilər. İnsanın təbii mühit ilə əlaqəsi yarandığı gündən onun təbii mühitin özünə rahat göründüyü kimi dəyişdirmək hüququna sahib olmasından irəli gələn sivilizasiyanın belə bir inkişafı, mineral ehtiyatlarının israfçı istifadəsinə, ətraf mühitin çirklənməsinə və təhlükə yaradan tarazlığının pozulmasına və bəşəriyyətin özünün varlığına təhlükədir.

Minilliklər boyu insanlar təbiətlə harmoniyada yaşamağa cəhdlər etmişdir, məhz XX əsrdə təbiət üzərindəki antropogen yükün kəskin artması və ağır ekoloji fəsadlarla əlaqədar olaraq, ətraf mühitin qorunması, cəmiyyətin iqtisadi və sosial ehtiyacları ilə ətraf mühitin istifadəsi arasında tarazlığın tapılması ən aktual məsələ olaraq gündəmə gəlmişdir. İnsan həyatının şərtləri və ətraf mühitin vəziyyəti bir zəncirin bağlantısı olduğu şüurlara nüfuz etmişdir.

Milyardlarla il Yerin biosferasında formalaşmış incə və mürəkkəb bir tarazlıq bu gün biosferin bir hissəsi olan bəşəriyyət, onu enerji istehsalı ilə əlaqəli olan atmosferi, hidrosferi, torpağı çirkləndirərək məhv etməkdədir.

Məşhur alim-kimyaçı I.V. Petryanov Sokolov yazırdı: “Dünyamızın hər iki hissəsinin - əvvəllər mövcud olan biosferinin və insanın yaratdığı texnosferanın - bir-birini tamamlayaraq birləşməsini təmin etməyə çalışacağıq. Bunlar birləşdirilməlidir və birlikdə yaşamaq vacibdir, çünki bir fəlakət baş verərsə, hər iki tərəfin itkisi o qədər dəhşətli olacaqdır ki, hər hansı bir şeyin sağ qala biləcəyi məlum deyil". Etiraf etmək lazımdır ki, enerji - iqtisadiyyat - təbii mühit - insanlar bir-birinə bağlıdır və ayrılmazdır.

Bəşəriyyət üçün davranış strategiyasını dəyişdirmək, ağlabatan inkişaf idarəçiliyini, mövcud dəyərlər sistemini yenidən qiymətlndirmək üçün seçim etmək məqamı, "həqiqət anı" gəlmişdir.

XXI əsrdə enerji istehsalı texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi ətraf mühit meyarlarına, bərpa olunan enerji mənbələrindən maksimum istifadəyə əsaslanmalıdır. Mineral yanacaqların yandırılması ilə əlaqəli olmayan yeni texnologiyaların yaranmasını və geniş yayılmasını təşviq etmək vacibdir. Dünya birliyinin enerji və ətraf mühitin qorunması sahəsində əlaqələndirilmiş siyasəti lazımdır.

Böhranı aradan qaldırmaq üçün Yer kürəsinin əhalisi üçün hər bir insanın cəmiyyət qarşısında məsuliyyətini dərk etməsi və yaxınlaşan təhlükəni başa düşməsi son dərəcə vacibdir.

1.2. GÜNƏŞ. YER VƏ ONUN TƏKAMÜLÜ. SU VƏ KÜLƏK

Müasir dünyanı əvvəllər necə olduğunu bilmədən başa düşmək çətindir.

Günəşi olduğu kimi, qəbul edirik. Bəs günəş nədir? Niyə qədim xalqlar üçün bir tanrı idi? Yer nə vaxt və necə yarandı? Təkamülünün ilk mərhələlərində necə inkişaf etdi? Su nə vaxt və necə meydana çıxdı?

Külək nədir və necə yaranır? Yerin tarixini hansı fiziki qüvvələr müəyyənləşdirdir?

Bu proseslərdə günəş, su və külək hansı rol oynayır? Günəş, su və külək enerjisindən bəşəriyyət nə fayda götürdü? "Ağıllı insan" təbii dünyaya necə sahib oldu və nə vaxt "güclü insan" oldu? "Canlı enerjidən" yeni enerji mənbələri - su və külək enerjisinə keçid nə vaxt baş verdi? İlk hidro və külək turbinləri nə vaxt və harada yaranıb? Dünyaya necə yayıldı və necə inkişaf etdilər?

Oxucular uzaq və yaxın keçmişə qısa bir ekskursiya etməklə bu və digər suallara cavab ala biləcəkdir.

1.2.1. Günəş bəşəriyyətin ibadət obyektidir

Günəşin ömrünü bəşəriyyətin yaşı ilə müqayisə etsək, günəşin yer üzünə həyat gücü verərək, əbədi yaşadığını güman edə bilərik.

Günəş - günəş sisteminin mərkəzi cismi - isti plazma topudur. Günəş Yerə ən yaxın ulduzdur. Ondan gələn işıq 8,314 dəq. ərzində bizə çatır (*şəkil 1.4*). Günəş sisteminin bütün cismlərinin meydana gəlməsinə Günəş həlledici təsir göstərmiş

və Yer kürəsində həyatın yaranmasına və inkişafına səbəb olan şərait yaratmışdır.



Şək. 1.4. Şüanın Günəşdən Yerə düşməsi. (mənbə: spacegid.com)

Günəş, ehtimal ki, təqribən 5 milyard il əvvəl qaz və toz dumanından günəş sisteminin digər cismləri ilə birlikdə yaranmışdı. Əvvəlcə onun maddəsi cazibə sıxma qüvvəsi səbəbindən həddən artıq qızmış, lakin qısa müddətdə onun təkində temperatur və təzyiq o qədər artmışdır ki, nüvə reaksiyaları öz-özünə baş verməyə başlamışdır. Belə şəraitdə Günəşin mərkəzindəki temperatur və təkində təzyiq o qədər artmışdı ki, o cazibə sıxma qüvvəsini tarazlaya və cazibə nəticəsində Günəşin sıxılmasını dayandıra bilmişdi. Beləliklə, təkində hidrogenin heliuma yavaş çevrilməsi ilə dəstəklənən Günəşin müasir quruluşu formlaşmışdı. Günəşin 5 milyard il ərzində mövcud olduğu mərkəzi oblastında hidrogenin yarısı

artıq heliuma çevrilmişdir. Bu proses nəticəsində Günəş radiasiyasının çox hissəsi atmosfer, xüsusən buludlar tərəfindən səpələnir və udulur və bunun yalnız üçdə biri yer səthinə çatır. Günəşin yaydığı bütün enerji Yerin qəbul etdiyi hissədən 5 milyard qat daha böyükdür. Hətta belə bir "kiçik" miqdar digər bütün mənbələrin verdiyi enerjidən 1600 qat daha çoxdur.

Günəşin diametri 1.392.000 km təşkil edir, bu da Yerin diametrindən 109 dəfə böyükdür. Yerdən Günəşə olan məsafə onun diametrindən 107 dəfə böyükdür.

Qədim xalqlar üçün Günəş bir tanrı idi. Mədəniyyəti eramızdan əvvəl dördüncü minilliyə aid olan Yuxarı Misirdə fironların ailəsinin Ra günəş tanrısından əmələ gəldiyinə inanılırdı. Piramidalardan birindəki “Yerə yaşıllıq gətirən Günəş kimi, çıxdıqda bizi öz nəvazişi ilə müalicə edir. Hər baxış onu üfüqdən yuxarı qalxan Ra obrazında görəndə qorxur" yazı, fironun yer üzündəki Günəşin təmsilçisi kimi təmsil edir

Həyat verən gücə sahib olan Günəş həmişə insanlar arasında ibadət və qorxu hisslərini oyadırdı. Təbiətlə yaxından əlaqəli xalqlar ondan mərhəmətli hədiyyələr - məhsul və bolluq, yaxşı hava və təzə yağış və ya cəza - isti hava, fırtına, dolu gözləyirdi.

Hər zaman bəşəriyyət üçün ibadət obyekti olan Günəş sonsuz sayda adət, mədəniyyət, fəlsəfi cərəyan və sənət əsərləri meydana gətirdi.

Planetimizdəki həyatın günəş şüalarından asılı olduğunu nəzərə alsaq, bəşər tarixi boyunca bir çox mədəniyyətin bu mənəvi həqiqəti yüksək qiymətləndirərək, onu müxtəlif mənəvi ibadət formaları ilə ifadə etmələri təəccüblü deyil.

Günəşə və günəş tanrılarına ibadət qədim zamanlardan bəri dünyanın hər yerində aşkar edilmişdir (*şəkil 1.5*).

Demək olar ki, bütün enerji mənbələri günəşə borcludur. Bunu insanlar da çoxdan anlamışlar və bu 1492-ci ildə Lübekdə nəşr olunmuş bir risalənin baş səhifəsindəki oyma ilə təsdiq edilmişdir.

Bir il ərzində Yer kürəsi Günəşdən 1330x10^{27} kkal istilik alır. Bu istiliyin çox hissəsi atmosferdə qaılır, bunun yalnız 2,5 % -i külək enerjisinə çevrilir.

Atmosferdən keçən günəş şüalarının 25,5% -i planetimizin su məkanına düşür, yalnız 0,0 4% -i hidroenerjiyə çevrilir.

Günəş şüalarının 14,5 % -i qitələrin və adaların sərt səthinə düşür, yalnız onun 0,1 2% -i kimyəvi enerjiyə çevrilir.

Bir il ərzində Yer kürəsi kosmosa Günəşdən aldığı enerji ilə eyni miqdarda enerji şüalandırır.





a *b*

Şek. 1.5. Günəşə (a) və günəş tanrısına (b) ibadət

1.2.2. Yerin təkamülü. günəşin, suyun və küləyin yer kürəsində həyatın inkişafında rolu

1.2.2.1. Yer Planeti və Yer haqqında biliklərin inkişafı

Müasir kosmogonik fərziyyələrə görə, Yer, Günəş sisteminin digər planetləri kimi, yaxın günəş məkanında səpələnmiş qaz-toz maddələrinin qravitasiya kondensasiyası nəticəsində əmələ gəlmişdir. Onun yaşı 4.5-4.6 milyard il olduğu təxmin edilir.

Yer, fokuslarından biri olan Günəş ətrafında elliptik orbitdə hərəkət edir. Günəşin cazibəsi Yer kürəsini öz orbitində saxlayır, bununla birlikdə Ay və Günəşin cazibəsi Yerin hidrosferində, atmosferində və bərk örtüyündə qabarma və çəkilmələrə səbəb olur. Günəşin, planetlərin və Ayın cazibə qüvvəsi, orbitin eksantrikliyində və Yer kürəsindəki iqlim dəyişikliyinin səbəblərindən biri olan Yer oxunun əyilməsində uzun müddətli dövri dəyişikliklərə səbəb olur.

Yerdəki proseslərə ən güclü təsir bu proseslərin əsas enerji mənbəyi olan Günəşin şüalanması ilə təmin edilir.

Günəşdən Yerə olan məsafə, təqribən 150 milyon km, Yerdə həyatın yaranması üçün optimal hesab olunur.

Yer çox mürəkkəb sferik formaya malikdir, qütblərdə bir qədər düzləşmiş və bir geoid adlandırılmışdır (*şəkil 1.6*). Yerin sferikliyi haqqında ilk dəfə qədim yunanlar Pifaqor, (e.ə. VI əsr). Aristotel (e.ə. 384-322) demişdir. Onlar Ay tutulmalarını müşahidə edərək, Yerin Ay üzərində yaratdığı kölgənin həmişə yuvarlaq bir formada olduğunu qeyd etmişdilər. Buna əsaslanaraq alimlər Yer kürəsinin sferik forması ilə bağlı nəticəyə gəlmişdilər.

Samosun qədim yunan astronomu Aristarx Samosskiy artıq e.ə. III əsrdə Yerin və planetlərin Günəş ətrafında fırlandığını, lakin sonradan e.ə. II əsrdə Ptolemey Klavdiy

dünyanın geosentrik sistemini inkişaf etdirmiş və bu yanaşma 1,5 min il davam etmişdir.

Elmin inkişafı, coğrafi kəşflər, Yer kürəsinin dünya məkanında mövqeyi, mənşəyi haqqında fikirlərdə ciddi irəliləyişə səbəb olmuşdu. Yerin quruluş və inkişafı ilə bağlı bir çox böyük təxminlər Leonardo da Vinci (1452-1519) tərəfindən ifadə edilmişdir.



Şek. 1.6. Yerin kosmosdan görüntüsü: (mənbə Google sites)

1543-cü ildə N. Kopernikin (1474–1543) "Səma sferalarının fırlanmasına dair" dünyanın elminin inkişaf etdirilmiş heliosentrik sistemini özündə cəmləşdirmiş kitabı nəşr olundu və Günəş sistemində Yerin həqiqi yeri müəyyən edildi.

Yerin, xüsusən də yer qabığının tərkibini, quruluşunu və tarixini araşdıran geologiya XVII - XVIII əsrlərdə meydana

gəlmiş, lakin onun kökləri insanlar yer kürəsindən minerallar çıxarmağa başladığı qədim dövrlərdə itirilmişdir.

M.V. Lomonosov (1711-1655) geologiyanın inkişafına böyük töhfə verərək və Yer kürəsinin inkişafı ilə bağlı bir sıra vacib qanunauyğuluqlar yaratmışdı. Sonralar XIX əsrdə geologiya, Yerin quruluşunu öyrənməkdə əhəmiyyətli bir uğur əldə etmişdi. XX əsrin elmi nailiyyətləri nəticəsində Yerin quruluşu və onun təkində və kosmosda baş verən qlobal proseslər haqqında fikir formalaşdırılmış və müəyyən edilmişdi ki, Yerin daxili nüvəsini və qabığını təşkil edən qatı, maye və qaz maddələrindən ibarətdir. Yerin kütləsinin əsas hissəsi (99 % -dən çox) bərk torpaq səthinin altında yerləşir, xaricində isə geosferlər - hidrosfer və atmosfer yerləşir.

Yer cazibə, maqnit, elektrik və geotermal sahələrə malikdir.

Dəniz və okean suları, quru suları, buzlaqlar da daxil olmaqla Yer kürəsinin su örtüyü hidrosfer adlanır.

Xarici qaz örtüyü - yer səthindən uzaqlaşdıqca sürətlə azalan sıxlığı və dəqiq müəyyən edilmiş yuxarı sərhədi olmayan atmosfer Yerin forma və ölçüsünü təyin edərkən nəzərə alınmır. Atmosfer kütləsinin 19 % -i 7-12 km qalınlığında olan troposferin alt qatında cəmləşmişdir.

Yerin əsas parametrləri: orta radius - 6371 km, ekvator radiusu - 6378 km, qütb radiusu - 6357 km; yerüstü sahəsi - 510 milyon km^2, kütləsi - $5.976 \cdot 10^{24}$ kq təşkil edir.

Torpaq Yer səthinin 29,2 % -ni, qalan 70,8 % -i dəniz və okeanların su səthidir.

1.2.2.2. Yerin daxili quruluşu

Yerin daxili quruluşu fiziki xassələri, tərkibi və qruluşuna görə fərqləndirlir.

Yer planeti sərt örtük (qabıq), mantiya və nüvədən ibarətdir.

Yerin yuxarı hissəsi litosfer (yunan dilində “daşlaşmış şar”) adlandırılır. Bura Yer kürəsinin bərk ötrüyü və mantiyanın yuxarı hissəsi daxildir. Yer qabığı dəyişkən qalınlığa malikdir, kontinental oblastda orta hesabla 75 km və okean bölgəsində 15 km qədər təşkil edir [12,13].

Aralıq örtük – mantiya (“örtük”) – 33-dən 2900 km dərinlikdə yerləşir. Bu qatda temperatur 2000^0C-dən çox təşkil edir. Orta hesabla 50-dən 200 km dərinlikdə hrəkət edən, astensfera (“gücsüz kürə”) adlandırılan maqniya qatı təşkil edir (*şəkil 1.7*).



Şek. 1.7. Yerin quruluşu (mənbə: geography.com)

Nüvəsi - Yerin ən sıx mərkəzi hissəsi 2900 km-dən çox dərinlikdə yerləşir. Hesab olunur ki, nüvə bərk daxili (radiusu təqribən 1300 km) və maye xarici (təqribən 2200 km) nüvədən ibarətdir. Bu hissədə ehtimal olunan temperatur 6000^0 C, yəni Günəş səthində mövcud olan temperaturla eynilik təşkil edir.

Yerin daxili istiliyinin mənbələrinə radioaktiv parçalanma zamanı ayrılan istilik, kimyəvi reaksiyalar zamanı ayrılan istilik və s. daxildir. Lakin, bu mənbələrdən ən etibarlısı radioaktiv elementlərin parçalanma enerjisidir. Yerin təkindən ətrafa davamlı istilik enerjisi axını daxil olur ki, bu da Yer səthinin Günəşdən aldığı enerjidən bir neçə min dəfə azdır.

Yer planetinin quruluşu bəşəriyyət tərəfindən həll edilməyən bir çox sirlərdən biridir. Planet barədə bir sıra məlumatlar dolayı yollarla əldə olunmuş, hələ heç bir alim yerin nüvəsindən nümunələr əldə edə bilməmişdir [12]. Yerin quruluşunu və tərkibini öyrənmək istiqamətində səylər ötən dövrlədə olduğu kimi, hələ də həll olunmaz çətinliklərlə üzləşir, eyni zamanda, sahə üzrə tədqiqatçılar tərəfindən Yer planeti haqqında etibarlı məlumat əldə etməyin yeni yollarını axtarırlar.

1.2.2.3. Yerin təkamül mərhələləri

Kosmosun bir parçası olan bir səma cismi kimi, Yer bütün tarixi boyu bir çox dəyişikliklərə məruz qalmışdır.

Təqribən 4 milyard il əvvəl ağır bombardumandan sonra Yer qabığının dağıdılması və formlaşması prosesində kosmik faktor öz aparıcı rolunu yekunlaşdırdı. Geolojo proseseslər özünü tənzimləmə mexanizmləri ilə planetin təkini təşkil etməyə və planet tədricən soyumağa başladı. Yer planetinin 3 milyard il əvvəl qarşılaşdığı prosesləri daha “gənc” Vnera planetinin nümunəsində izləmək olar [13,14,15].

Yer kürəsinin tarixinin eralara və dövrlərə bölünməsinin əsas iki amili dağların yaranma prosesləri, daha doğrusu terroformalaşma və bunun üzərindəki həyatın inkişaf prosesləridir. Yerin bütün tarixi planetdəki ümumi geoloji və bioloji şərtlərlə xarakterizə olunan eralara bölünmüşdür. Hər era daha kiçik zamana - dövrlərə bölünür, proseslər arasındakı fərq onsuz da azdır. Yəni, həyatın olmaması, həyatın görünüşü, həyatın mürəkkəbliyi, yosunların, balıqların, heyvanların,

insanların yaranması - bunların hamısı bioloji inkişaf mərhələləridir. Planetin fiziki görünüşünün dəyişməsi, atmosferin yaranması, buz dövrü, qitələrin parçalanması və birləşməsi, vulkanik aktivlik, okeanların yaranması planetin geoloji inkişafının təzahürləridir. Bu mərhələlərin birləşməsi Yerin tarixini bir neçə əsas dövr və altdövrlərə bölməyə imkan verir.

Yüz milyonlarla ildir ki, Yer kürəsində enerji mübadiləsi, müxtəlif enerji formalarının çevrilməsi və yığılması prosesləri baş verir. Bütün ötrükləri olan Yer ayrı-ayrı hissələr arasında, o cümlədən canlı və cansız maddə arasında müəyyən bir dinamik tarazlığın qorunduğu vahid bir orqanizmdir.

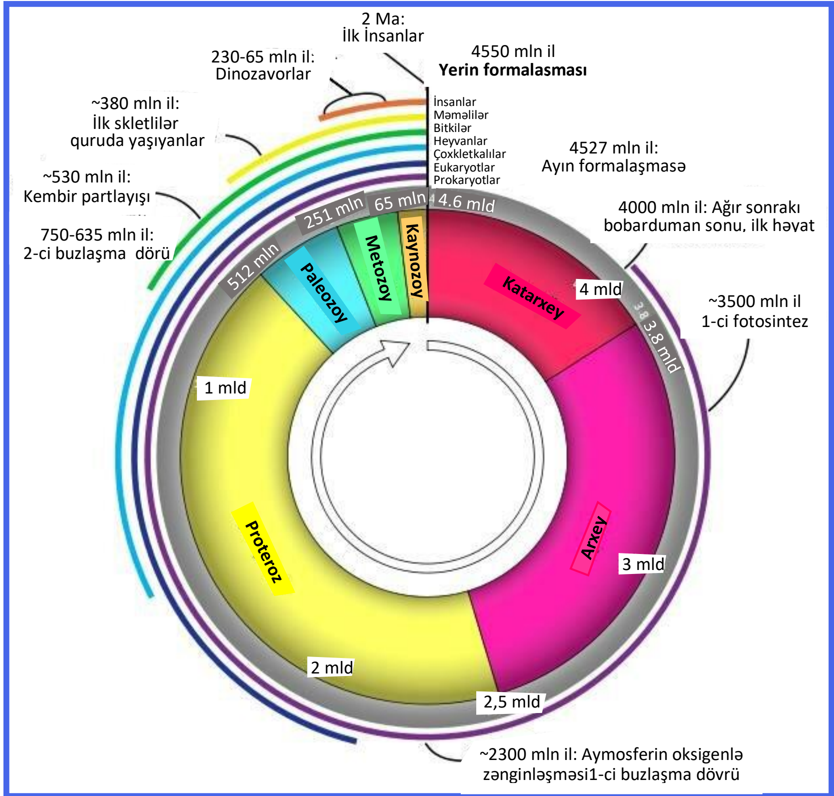
Şəkil 1.8-da eyni zaman şkalsında Yerin təkamülünün əsas hadisələrini sxematik olaraq təqdim edilir. Mövcud fikirlərə görə, alimlər ibtidai Yerin struktur dəyişikliklərinin üç əsas mərhələsini nəzərdən keçirirlər. Birinci, Yerin nüvəsinin yaranmasından əvvəl, ilkin isti vulkanlar, ikinci - hava tipli vulkanların post-nüvə mərhələsi, üçüncüsü - sonuncusu bioloji adlanır [16,17].

Birinci mərhələdə planetin daxili hissəsi sürətli və əhəmiyyətli struktur dəyişikliklərinə məruz qalmışdı. Vulkanik aktivlik, tufan, meteorit düşməsi, Günəşdən yüksək enerjili ultrabənövşəyi radiasiya çox intensiv olmuşdu. Bu radiasiya ilk 2,5 milyard il ərzində həyatın yaranması və təkamülü üçün son dərəcə mühüm rol oynamışdı. Digər enerji mənbələri elektrik boşalamları, istilik və radioaktivlik olmuşdur.

Atmosferdə əsasən azot, karbonmonoksit, hidrogen, su buxarı və hidrogen sulfid mövcud olmuşdu.

Məhz bu dövrdə Yerdə su yaranmışdı. İlkin hidrosferin, asanlıqla hərəkət edən məhlulların və qazların Yer mantiyasından çıxması nəticəsində əmələ gəldiyi güman edilir. Buxar şəklində ayrılan su, kondesatlaşaraq və dəhşətli və demək olar ki, davamlı leysanlara Yerə tökülürdü. Yer səthində şirin

yağış suyunun vulkanik küllələr təşkil edən kiçik gölləri formalaşmağa başlamışdı.



Şək. 1.8. Zaman şkalasında yerin təkamülü – geoloji zaman (mənbə: Geologic_Clock_with_events_and_periods.svg: Woudloperderivative work: Hardwiggderivative work)*

Hazırda yerin su örtüyü - hidrosfer - maye, bərk (buz) və qazşəkilli (su buxarı) halında planetin bütün suyunu təşkil edir.

Planetdə suyun ümumi həcmi demək olar ki, dəyişməz olaraq qalır və təxminən 1,5 milyard kub km. təşkil edir. Okeanlar hidrosferin əsas tərkib hissəsidir. Bu suyun həcminin

təxminən 94% -ni təşkil edir. Bunun ardınca növbəti sırlarda yeraltı sular, buzlaqlar, yerüstü sular (göllər, çaylar, bataqlıqlar, torpaq suları) qərarlaşır.

Günəş radiasiyasının təsiri altında təbiətdəki su davamlı dövr edir. Çayların, göllərin və dənizlərin səthindən, nəm torpaqdan, otlardan, ağac və kol yarpaqlarından buxarlanır, su buxarı şəklində qalxır, sıxlaşır və buludlara çevrilərək, onlar tərəfindən daşınır, sonra yerin səthinə düşür, çaylara və dənizlərə axır, torpaq tərəfindən udulur, bitkilər tərəfindən sorulur və yenidən buxarlanır. Dünya su dövriyyəsi sistemi, okeanların fəza fasiləsizliyi, suların ümumi mənşəyi hidrosferin vahid olduğunu göstərir.

İkinci mərhələ Yerin nüvəsinin meydana gəlməsi ilə xarakterizə olunur. Təxminən 4000 milyon il əvvəl, qısa müddətli radioaktiv elementlərin parçalanmsı və cazibə qüvvəsinin təsirindən sıxılma nəticəsində Yerin daxili temperaturu artdı və planetin yarıərimiş daxili hissəsi kəskin şəkildə yenidən quruluşunu dəyişdi. Əksər tədqiqatçıların fikrincə, əsasən dəmir-nikeldən ibarət olan nüvənin meydana gəlməsi dərin daxili oblastların davamlı əriməsi ilə əlaqədar idi. Yarandıqdan sonra planetimizin daxili quruluşu mahiyyətcə dəyişməz qaldı və mantiyanın və yer qabığının mineral tərkibi bu günə qədər eyni qalır.

Bu uzun müddət ərzində fiziki vəziyyət tədricən dəyişdi: vulkanik aktivlik və meteoritin düşmə tezliyi azaldı, okeanların duzluluğu artdı. Lakin günəşdən yüksək enerjili ultrabənövşəyi radiasiya almağa davam etdi. Belə şəraitdə həyat yarandı.

Hazlrda tapılan ən qədim çökmə süxurları daimi okeanların əmələ gəlməsini göstərir. Isuada (Grenlandiya) aşkar edilmiş ilk məlum çöküntü süxurlarının təxminən 3800 milyon il yaşı var. Daha qədim süxurlar yalnız kristal süxurlarla təqdim olunur.

Bioloji adlanan planetar təkamülün üçüncü mərhələsi, təxminən 2000 milyon il əvvəl, fotosintez prosesi xas olan

orqanizmlərin görünən işığın enerji mənbəyi və sudan elektron donor kimi istifadə etmək qabiliyyətinin inkişaf etdiyi şəraitdə atmosferdə sərbəst oksigenin meydana gəlməsi ilə xarakterizə olunur.

Sərbəst oksigenin atmosferdə yığılması 600 milyon il əvvəl, mürəkkəb çoxhüceyrəli həyat formaları yaranana qədər baş verdi. Atmosferdə yığılan fotosintez mənşəli sərbəst oksigen Günəşin ultrabənövşəyi radiasiyasını udaraq ozon təbəqəsinin yaranmasını şərtləndirdi. Nəticədə günəşin ultrabənövşəyi radiasiyasının Yer səthinə çatması məhdudlaşdırıldı. Ozon ekranının meydana gəlməsi, yerüstü bioloji sistemlərin inkişafına imkan verdiyi üçün təbii mühit tarixində ən əlamətdar hadisələrdən birinə çevrilmişdi.

Yer atmosferində 21 % təşkil edən oksigenin, bitkilərin həyati fəaliyyəti ilə əlaqədar daim artırılması, yəni Yer kürəsində həyatın olması səbəbindən dinamik tarazlıq vəziyyətindədir. Bu fenomen Yer kürəsindəki həyatın inkişafının kosmosda baş verən proseslərin necə səbəb olduğunu açıq şəkildə nümayiş etdirir.

Yerin təkamülü, onun atmosferi və biosferasının meydana gəlməsi daim əlaqəli və birgə proseslər nəticəsində reallaşdı.

Bu proseslər uzun müddət Yer tarixində Pangey adlanan vahid qədim qitəni təşkil edən qitə massivlərinin təkamülü ilə ayrılmaz şəkildə baş vermiş, təqribən 200 milyon il əvvəl müasir qitələrin meydana gəlməsi prosesi başlamışdı.

1.2.2.4. Geoloji proseslər, Yerin geoloji tarixinin əsas xüsusiyyətləri

Günəş, su və küləyin işini anlamaq üçün Yerin ilkin tarixinə müraciət edək. Milyardlarla ildir ki, günəş, külək və su kimi “əməkdaşlar” yer qabığının əmələ gəlməsi üzərində davamlı fəaliyyət göstərirlər.

Yerin təkamül qrafikində (*bax. şəkil 1.8*), Yerdə suyun yaranmasına aydınlıq gətirdik. Su haqqında Antuan de Sent-Ekzüperinin yazırdı: "Su ... həyat üçün sadəcə lazım deyilsən, həyatın özüsən ...". Əsas, ən möhtəşəm proseslərin gedişatına təsiri baxımından onunla müqayisə edə biləcək heç bir təbii cism yoxdur.

Küləyin fəaliyyətinə nəzər salmadan əvvəl A. Blokun sözlərini xatırlayaq: “Külək, Allahın bütün işığında küləkdir”.

Küləyin yaranmasını izah edək - Günəş istiliyi yer səthinə qeyri-bərabər təsir göstərir. Nəticədə, yer səthinə yaxın atmosfer təbəqələrində temperatur fərqi yaranır, hava hərəkətinə səbəb olan atmosfer təzyiqinin qeyri-bərabər paylanması baş verir. Yerin fırlanması və səthinin topoqrafiyasından asılı olan belə hava hərəkətinə külək deyilir.

Biz hava okeanının dibində, küləklər aləmində yaşayırıq. Bunu insanlar uzun müddətdir ki, başa düşür və daim küləyin təsirini özlərində hiss edirlər. Küləyin müşahidə olunması ilə hələ qədim Yunanıstanda başlanılmışdır. Artıq e.ə. III əsrdə küləyin bu və ya digər hava gətirəcəyi məlum idi. Eramızdan əvvəl 100-cü ildə Afinadakı küləyin istiqamətini təyin etmək üçün "Küləklər Qülləsi" adlandırılan qüllə quruldu (qüllə hələ də mövcuddur). Yaponiyada və Çində, əjdaha şəklində hazırlanan və küləyin istiqamətini göstərən "külək gülləri" də məlum idi. Lakin, əsas məqsəd şər ruhları – kənar küləkləri qorxutmaq idi.

Külək, istiqamət, surəti və gücü ilə Bofort şkalasınna görə (0-dan 12-dək) xarakterizə olunur.

Yer kürəsinin bütün tarixi iki qlobal proseslə əlaqələndirilir: Yerin dərin təkində materiyanın inkişafı nəticəsində ayrılan Yerin daxili enerjisi hesabına meydana gələn daxili (endogen) və maddələr və enerji mübadiləsi şəklində atmosfer, hidrosfer, biosfer və litosferin Günəşlə sıx qarşılıqlı təsiri nəticəsində fəaliyyət göstərən xarici (ekzogen) [18].

1.2.2.5. Yer kürəsində həyatın inkişafında Günəş, su və küləyin rolu

Enerji proseslərinə əsaslanan planetimizin təbii mexanizmləri milyardlarla ildir ki, fasiləsiz olaraq fəaliyyət göstərərək Yer kürəsini və yer üzündə həyatı yaradır.

Maddə və enerji həyatın iki əsasını təşkil edir. Hərəkət-tarazlıq sistemi kimi, Yerin canlı maddəsi daxil olan enerji axını səbəbindən davamlı olaraq yenilənir.

İnkişaf etmiş həyat biosferi dəyişdirən güclü bir amildir. Biosfer yerüstü 3 km dərinlikdən başlayaraq, demək olar ki, bütün hidrosfer və atmosferin aşağı hissəsindən başlayaraq Yerin xarici təbəqələrini (qabığın bir hissəsi) əhatə edir. 2420 milyard tondan çox olan Yerdəki canlı maddələrin ümumi kütləsinin əksər hissəsi yaşıl bitkilərdə (99% -dən çox) təşkil olunur.

Bütün biosfer, həyat günəş enerjisi sayəsində mövcuddur və bu da Yerdə baş verən biokimyəvi proseslər üçün çox vacibdir.

Kömür, torf, neft və s. kimi təbii ehtiyatlar enerji, enerji ehtiyatları orqanizmlərin həyat fəaliyyətinin nəticəsidir, torpaq isə onların dağ süxurları ilə qarşılıqlı təsirinin nəticəsidir.

Bu bərpa olunmayan enerji mənbələri, bəşəriyyətin Günəşin, su və küləyin işi və milyonlarla il ərzində orqanizmlərin həyat fəaliyəti sayəsində qoyduğu ən qiymətli mirasdır.

Günəş, külək və su, enerjisi sayəsində Yer üzünü dəyişdirən enerji, insanın qədim zamanlardan bəri istifadə etdiyi BEM-dir.

Günəşin, suyun və küləyin işi, insanın yaranmasından xeyli əvvəl başalayaraq bu günə qədər Yerin və bəşəriyyətin inkişaflnda mühüm rol oyanamışdı.

Yer üzündə insanlar yarandıqdan müasir sivilizasiyayaya qədər möhtəşəm bir yol keçiblər. İlk növbədə bir insanın nəinki homo sapiens - "ağıllı insan", həm də homo forsabilis - "güclü insan", enerjini necə mənimsədiyinə, enerji texnologiyası dünyasını necə yaratdığına dair hansı qanunlarla rəhbərlik etdiyinə diqqət edək.

Minilliklərdən, əsrlərdən, yüzilliklərdən, sonra insan təbiətin sirlərinə nüfuz etdi, bir tapmacanın ardınca digərinin açılşını tapdı. Bu yol uzun və çətin olmuşdu. Odu əldə etməyi, su və külək enerjisini istifadə etməyi öyrənmək üçün saysız nəsillər əvəzlənmişdi.

Müşahidə etmək, yaddaş və zehn - bu, əcdadlarımızın kamilləşməsinin əsas qanunudur.

Növbəti hissələrdə oxucu qədim və orta əsrlərdə və müasir dövrdə insan tərəfindən təbiətin bilikləri, Günəş, su və külək enerjisindən istifadə haqqında ətraflı məlumat tapa, bərpaolunan enerjinin çevirmə mexanizmlərinin yaradılması və inkişaf tarixi ilə tanış ola biləcəkdir.

1.3. OD ENEJİ VƏ İBADƏT MƏNBƏYİ KİMİ

Odun qədim insanlar tərəfindən mənimsənilməsi, insanın zülal və karbohidratlı qidaları bişirmək, gecə fəaliyyətlərini inkişaf etdirmək, eləcə də özlərini yırtıcılardan qorumaq imkanı əldə etmək üçün insanın sosial təkamülündə dönüş nöqtəsi idi.1,4 milyon il əvvəl Şərqi Afrika və Çində qədim insanların oddan istifadə etməyə başalması bəlkə də bəşəriyyət tarixindəki ən əlamətdar hadisə idi: od işıq və istilik mənbəyinə çevrildi [19]

İnsanın inkişaf tarixi, ətraf mühütə adaptasiya olunaraq onların yaşam hekayəsidir. İnsan sivilizasiyasının inkişafının başlıca səbəbi və ya hərəkətverici qüvvəsi nədir haqqında uzun müddət mübahisə etmək olar, lakin şübhəsiz ki, insanın ətraf mühitə rahat uyğunlaşmaq istəyi ilə sıx bağlıdır. Təhlükə hissi,

ölümdən qaçmaq istəyi yalnız insana deyil, həm də Yer kürəsinin digər sakinlərinə də xasdır. Heyvanlar ətrafdakı cisimlərin xüsusiyyətləri haqqında bəzi ilkin məlumatlara da sahibdirlər. Daşlar iti, od isti, maye su və s. Heyvanlar, uşaqlar kimi, təcrübədən "öyrənirlər". Lakin, daşın və ya çubuğun itilənməsi üçün iti bir daşdan istifadə etmək qabiliyyəti, yəni əmək prosesində alət və xammalın məlum xüsusiyyətlərini birləşdirməyim məqsədəuyğuluğu haqqında qərarlar qəbul etmək yalnız insanın keyfiyyətidir. Yer üzündəki insan ətraf mühitə tez uyğunlaşmağı, təbiətdəki dəyişikliklərə və təbii qüvvələrdən öz xeyrinə istifadə etməsi sayəsində heyvanlar üzərində üstünlük qazanmışdı.

Bizi təkcə insanın bioloji bir varlıq kimi inkişaf tarixi ilə deyil, həm də insanın dünyaya necə sahib çıxması və tamamilə yeni bir dünya - enerji texnologiyası dünyası yaratması maraqlandırır.

Qədim əcdadımızın müasir insana çevrilməsinin dəqiq, bəlkə də milyon illik yolundakı ən böyük hadisənin nə vaxt baş verdiyini bilmirik - insanlar oda nəzarət etdiklərini və bunun necə alınacağını öyrəndilər (*şəkil 1.9*). Ancaq özünü oda tabe etdirən - ən nəhəng elementar qüvvələrdən biri olan, inkişafının çox erkən mərhələsində onu həyatının itaətkar bir aləti halına gətirən insan özünü təbiətin köləsi olmadığını, eyni zamanda bərabərhüquqlu tərəfdaşı olduğunu hiss etdi.

İbtidai insanın ehtiyacları üçün istifadə etdiyi ilk od səmavi od idi. Bu, demək olar ki, bütün dünya xalqlarının əfsanələri və mifləri, onların personajları idilər - Yunanların Hefesti, Prometey, Feniks qədim Romalıların, Vedik tanrısı Agni Hinduslarin və s. Baxmayaraq ki, insanın od və ondan istifadəni vulkan püskürmələri zamanı öyrənməsi ehtimal olunurdu, xalq fantaziyasının bütün yaradıcılığında od səma mənşəli bir element kimi, yəni "şimşək yer üzündə bir yanğına səbəb oldu" baxışı aydın şəkildə əks olunur.

İbtidai insanın həyatında od həlledici rol oynadı - onun ən yaxşı köməkçisi oldu. Od onu istiliklə təmin etdi və qışın soyuğundan qorudu, insanalar metal hazırlamaq üçün ona müraciət etdi.



Şek. 1.9. Odun insan həyatında rolu (mənbə: Versiya.info)

Od insanı misilsiz dərəcədə güclü etdi. İnsanlar bir tanrı kimi oda sitayiş etdilər (*şəkil 1.10*), onu əsrlər boyu saxladılar. Hesab etmək olar ki, ən sabit od mənbələri vulkanlar, daha doğrusu, bütün vulkanik zonalar idi. Antropogen çərçivəsində yer üzündə intensiv vulkanik fəaliyyət qədim paleolit dövrünün ilk dövrlərinə təsadüf edir. Onlar dövrümüzdəki vulkanik fəaliyyətin sayına və gücünə görə demək olar ki, on qat üstələyirdi.

Təbiətdəki digər, lakin əhəmiyyətsiz yanğın mənbələri meşə yanğınları və çöl yanğınları, mikroorqanizmlərin fəaliyyəti nəticəsində kortəbii yanma, şimşəkdən ağac yanğınları və neft yataqları ilə zəngin olan ərazilərdə ən sabit yanğın mənbəyi olan təbii qaz quyularının (*şkil 1.11*) əbədi alovu idi.

Yenə də, istifadə etməyi bildikləri, lakin hələ də necə əldə olunmasını bilmədikləri bir dövrdə ən güclü od mənbəyi onun insandan insana ötürülməsi idi.



Şək. 1.10. Oda sitayəş - Atəşgah, Bakı (mənbə: Atəşgah muzeyininin rəsmi saytı)

Od sosial rol oynadı, vəhşi insan qruplarının biri – birlərinə yaxınlaşmasına töhfə verdi. Qədim ibtidai insanlar tez-tez düşərgələrini çayın bir sahil və ya yüksək sahil yaxınlığında təşkil edirdilər. Ibtidai insanlar dayanacaq yerini dəyişdirərək, özləri ilə birlikdə odu gəzdirirdilər. Daha sonra odun köçürülməsi ibtidai insanların nəsilləri tərəfindən uzun müddət müşahidə olunan adət halına gəldi. Bu, XVIII və XIX əsrlərin səyahətçiləri tərəfindən Avstraliya, Amerika, Afrikada müşahidə edildi.

Nə vaxt insan ilk dəfə çubuğu heyvan yağı ilə doldurulmuş bir qaba batıraraq lampa halına saldı, demək mümkün deyil, ancaq qazıntlar nəticəsində çıxarılan ibtidai lampalar eramızdan əvvəl 80000-ə təsadüf edir. İraq ərazisində təxminən 10000 il yaşı olan keramika qurğuları tapılmışdır.

Müqəddəs Kitab, eyni heyvan yağından hazırlanan şamların eramızdan əvvəl 10-cu əsrdə Süleyman məbədində yandırıldığına işarə edir.



Şək. 1.11. Atəşgahın Od türbəsi, Bakı (mənbə: Atəşgah muzeyininin rəsmi saytı)

Məlumdur ki, ürəyin, ağciyərin işini, minimum həzmi dəstəkləyən minimum yaşayış səviyyəsi müəyyən bir enerji tələb edir. Soyuq havalarda bədəni qızdırmaq üçün bir az daha çox enerji tələb olunur. Gəzinti və digər fəaliyyətlər əlavə tələblər qoyur və ciddi məşqlər daha çox enerji tələb edir. Ağır fiziki işlərdə işin özü üçün lazım olandan daha çox qida istehlak etməliyik, çünki bədənimizin səmərəliliyi cəmi 25%, qalan 75% isə istiliyə sərf olunur.

Sağlam insanın minimum yaşayış səviyyəsini təmin etmək üçün gün ərzində təqribən 2 kilokalori enerji tələb olunur; üzgüçülük və ya futbol saatda əlavə 0,5 kilokalori lazım olur və səkkiz saat ağır fiziki iş ilə məşğul olduqda əlavə 2 kilokalori tələb olunur.

Zehni əmək çox az miqdarda enerji sərfi tələb edir.

Səma insanı hər zaman odla təmin etmədiyinə görə, təbii olaraq insan yeni böyük bir kəşf, təbiət qüvvələrini mənimsəmək üçün ilk addım - insanın özü odu müxtəlif yollarla necə əldə etməyi öyrəndi. Yenə təbiət bir mentor olaraq insana kömək etdi.

Mümkündür ki, indi mədəniyyətin ən aşağı səviyyəsində duran xalqlar arasında rast gəlinən ilk odlu çubuğun ixtirasına bəzi daşların məlum obyektlərə zərbə endirdikləri zaman qığılcımlar yarandığını göstərən müşahidə səbəb olmuşdur. Qığılcım yaratmaqla odun əldə olunması üçün ibtidai insanlarda xüsusi qurğular mövcud idi. Bunu, qədim yaşayış evləri və türbələr ətrafında qazıntılar zamanı tapılan qalın prizma formasında daşlardan hazırlanmış özünəməxsus formalı cihazlarının tapılması da təsdiqləyir. Ən qalın, kənarları bilərəkdən sərtləşdirilmiş prizma şəkilli bıçaqlar, alışdırmaq üçün xidmət etmişdir.

Bu üsul əsasən quraq iqlimi olan, atmosfer rütubətinin minimal olduğu ölkələrdə tətbiq edilmişdir. Çırpılmış bir çırpıntıdan yaranan çox kiçik və qısa bir qığılcım atmosfer vəziyyətinə çox həssas idi. Həqiqətən, tropik ölkələrdə bu şəkildə odun əldə olunmasının əlamətləri mövcuddur. Məsələn, etnoqrafların fikrincə, hələ də Amazonun yuxarı hissəsində yaşayan yagua qrupları odun əldə olunması üçün bu üsuldan isifadə edirlər. Odun əldə olunmasının başqa bir üsulu isə çətin olsa da ağac çubuğunun digər ağaca sürtünməsi nəticəsində əldə olunması idi (*şəkil 1.12*). Etnoqraflar qeyd edirlər ki, ağac yandırıldıqda odun vəhşi hinduşkanın quyruq lələkləri ilə alovlandırlırdı.

Daha mükəmməl bir oxun köməyi ilə deşmə üsulu ilə odun əldə olunması idi (*şəkil 1.13*).

Yanma mərkəzi, oxun altında yüksək temperatur yaranan yerlərdə yaranmır, çünki təbii hava mövcud olmur və qızmış tozun yığıldığı, hava sərbəst çıxdığı yan kəsiklərdə yaranır.

Yanma mərkəzi 10-15 dəqiqə davam edir. Ondan hər hansı bir yanan maddəni alovlandırmaq olar.



Şek. 1.12.Ssürtünmə yolu ilə odun əldə olunması

Beləliklə, odun istifadəsini və əldə olunmasının nəzərdən keçirən alimlər hesab edirlər ki, qədim və orta paleolit dövrü boyunca od təbii mənbələrdən alınmışdır və daim ocaqlarda saxlanılırdı. Odun kritik anlarda bir qrup ovçu dəstəsindən digərinə ötürülməsi, təbiəti təbii mənbələrə zəngin olmayan yaşayış məskənləri hüdudlarında odun tükənməsini təmin etmək üçün ən vacib vasitə idi. Od mübadiləsi bu qədim dövrün ictimai münasibətlərində böyük rol oynadı. Süni od istehsalı gec Paleolit dövrdə üç texniki variantda ortaya çıxdı: ağacın ağaca sürtünməsi, daşın üstünə zərbə ilə qığılcımların yaranması və ağacın ağacla deşilməsi.

İlk dəfə odu əldə etmək bacarığı insana təbiətin müəyyən qüvvəsi üzərində hökmranlıq etməyə imkan verdi. Od mexaniki qurğularla yanaşı, zəkanın inkişafı, yaxın gələcək üçün hazırlanmış fəaliyyətin ortaya çıxması üçün güclü bir vasitə rolunu oynadı. Od insanı davamlı fəaliyyətə məcbur edərək, daimi fəaliyyət və gərginlik şəraitində fərdi təsrəfüfatın əsasını qoydu. Odun qorunması üçün saxlanılmalı və digər obyektləri alovlandırmaması üçün izlənilməli idi. Odla bir insan daim keşikdə olmalı idi. Nəticədə qadınla kişi arasında əmək bölgüsü yarandı.



Şek. 1.13. Oxla deşmə üsulu ilə odun əldə olunması

Od ev təsərrüfatının əsasına çevrildi, o həm də istilik və işıq mənbəyi, yeməyin hazırlanması üçün bir vasitə, yırtıcılardan qorunma vasitəsi oldu. O insana dünyanın müxtəlif yerlərinidə məskunlaşmaq imkanı verdi. Təəccüblü deyil ki, bütün xalqlar inkişafının bəzi mərhələlərində oda ibadət dövrü keçirdilər, demək olar ki, hər dində ən güclü tanrılardan biri od tanrısı idi.

Göründüyü kimi, odun əhəmiyyəti yalnız bəşəriyyətin mədəni tərəqqisi üçün böyük deyildi, o eləcə də şəxsiyyətin formalaşması prosesində çox böyük rol oynadı. Əvvəlcə istilik və işıqlandırma üçün istifadə edilən od, yalnız bundan sonra yemək hazırlamaq üçün istifadə olunmağa istifadə olundu. Alimlər tərfindən sübut edilmişdir ki, bu, tədricən həm görünüşünü, həm də insan orqanizminin enerjisini dəyişərək onu digər məməlilərdən daha güclü hala gətirdi. Hesablamalar göstərir ki, daha yüksək məməlinin yaşadığı müddətdə hər kiloqram çəkiyə 125 min kilokalori sərf etdiyi halda, müasir insan altı dəfə çox, hər kiloqram çəkisinə təxminən 750 min kilokalori enerji sərf edir.

Mədəniyyət, texnologiya və idarəetmənin bütün sonrakı uğurları odun inteqrasiyalı istifadəsi ilə bağlıdır. Keramika istehsalı, metallurgiya, şüşə istehsalı, buxar mühərrikləri, kimya sənayesi, mexaniki nəqliyyat və nəhayət nüvə enerjisi yüksək və ifrat yüksək temperaturun, yəni odun daha yüksək, keyfiyyətcə təkmil texniki bazada istifadəsinin nəticəsi idi.

Prometey insanlara odu hədiyyə etdikdən sonra, oddan zəruri olduqda istifadə olunması ilə bağlı insanlar qarşısında məsələ qoyuldu. Yuxarıda qeyd olunan üsullar böyük zəhmət tələb edirdi. Bu mənada daha sadə üsulların işlənilməsi tələb olunurdu. Kibritin tarixi 1969-cu ildə kimyaçı Brandtom fosforun ixtirası ilə başladı.1680-ci ildə Robert Boyl (onun adı ilə Boyl – Mariot qanunu adlandırılmışdır) kağız parçasını fosfor qatı əlavə edərək ucu kükürd turşusuna batırılmış ağac çöpün ona sürtərək alov əldə etdi. Lakin Boyl bu hadisəyə diqqət vermədi və nəticədə kibritin ixtirası 1805-ci ilə qədər yubadıldı və fransuz alimi Jan Şansel kibritin yeni verisyaslnı irəli sürdü – kibrit çubuğunun başlığının kükürd, kalium xlodid və şəkər qarışığı ilə ötrülməsini təklif etdi.

1826-cı ildə, İngilis əczaçı John Walker, sürtünmə ilə alovlanan ilk kibriti ixtira etdi. Kükürd, kalium xlor, şəkər və

antimon sulfid qarışığından ibarət başlıqlı çubuğu hamarlam kağızına vuraraq alov əldə etdi.

Zəhərli və yanan ağ fosforu əvəz etmək üçün 1844-cü ildə sadə şeyi başa düşən İsveç kimyaçısı Gustav Eric Paş kibritin kükürd və fosforun mexaniki təması ilə alovlanması şərtini nəzərə alaraq, fosfor qatını kobud bir səthə əlavə etdi. Bu qərar, qırmızı fosforun vaxtında kəşf edilməsi ilə yanaşı (ağdan fərqli olaraq havada alovlanmır və daha az zəhərlidir) ilk təhlükəsiz kibritlərin istehsalı üçün zəmin yaratdı. Və 1845-ci ildə daha iki İsveçli - qardaşları Johan və Karl Lundströmy - təhlükəsiz kibritlərin kütləvi istehsalı məqsədilə şirkət qurdular və "İsveç kibritləri" adlandırıldı [20].

FƏSİL II

2.1. ELEKTRİK NƏDİR ?

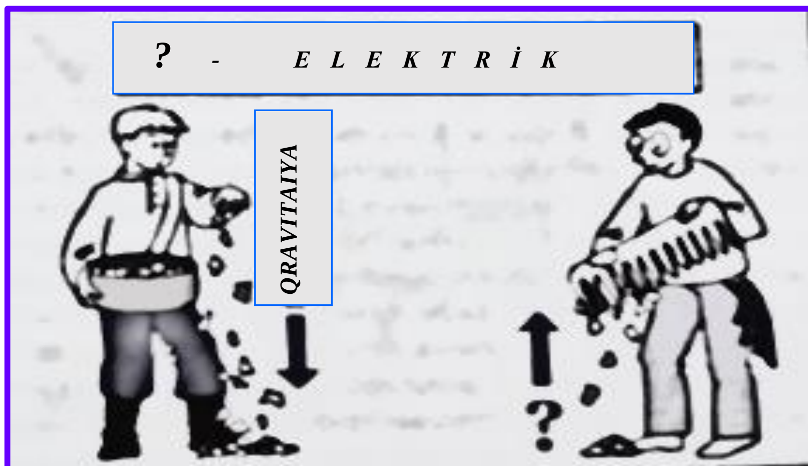
Oxucuların bir çoxu elektrik sahəsini öyrənməkdə, qarşısına digər arzularla yanaşı paraktiki biliklərə yiyələnmək istəyir. Həttda müəyyən məişət texnikasını təmir etmək bacarığının əldə edilməsi və s. lakin, elektrik sahəsində praktik bilikləri, işin mahiyyətini dərk etmədən əldə etmək mümkünsüzdür. Məsələn, çevrici nə üçün qızır, elektrik cihazını qöşərkən nə üçün klik edir.

Elektrik bizim bütün ətrafımızdır – elektriklə işləyən mobil telefon, kompyüter, işıqlanma, soyuducu, televizor və s. kimi texnologiyaları. Bəs elektrik nədir? Həttda dərsliklərdə adətən bu suala birbaş cavab vernməkdən yayınırlar və ya çoxda aydın olmaqyan sözlərdən istiufadə etməklə cavab verirlər: məsələn,” elektrik – materiyanın hərəkət formalarından biridir”, “elektrik, elektrik yüklərinin yaranması hadisələrinin məcmusudur”. Bu cavabdan daha bir sual çıxır, bəs elektrik yükü nədir?, və beləliklə, sualın cavabı daha da çətinləşir.

Əlbətdə, elektrik nədir sualının sadə cavabı mövcud deyil, məsələn, qırmızı rəngdədir, neft iyi verir, maye formasındadır və s. Eyni zamanda, elektrikin hansı kateqoriyaya aid olması, faydası nədən ibarətdir, yüklər necə yaranır, bizim dərk etiyimiz dünyada onun yeri haradadır kimi, sualların cavabları növbəti paraqraflada veriləcəkdir.

İnsan düşünməyə başladıqdan sonra, ilk növbədə özünün asan olmayan həyatını yaxşılaşdırmaq haqqında fikirləşmişdir. Bu barədə düşünürək, ətraf mühütə baxaraq, mövcud predmet və hadisələrə müxtəlif adlar vermişdir. Belə ki, zaman keçdikcə, yaranan sözlərin mənası haqqında biz fikirləşmirik, məs,

“zaman”, “məkan”, “qüvvə”, “temperatur”, “kütlə”, “çəki” və s. Bütün bu sözlər, sdəcə yaşadığımız dünya ilə birlikdə əldə etdiklərimizidir.



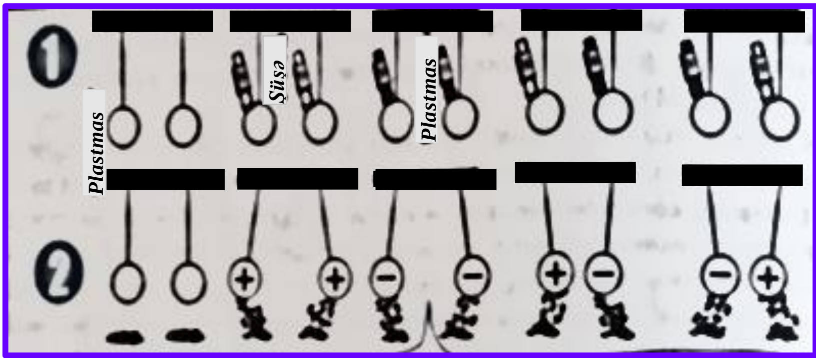
Şək. 2.1. Elektrik yükünün yaranması

İnsan, elektriki, məsələn, isti və soyuq, rütubət və ya çəki kimi, hiss etmir. Elektrikin mövcud olmasına əmin olmaq üçün elementar təcürbə apara bilərik: parça ilə plastmas əşyanı (məs. saç darağını) biri – birinə sürtsək, o kağız qırıntılartını özünə tərəf çəkəcəkdir (*şəkil 2.1*). Onlar yerin qravitasiyası (cazibə qüvvəsi) nəticəsində aşağı istiqmətdə yerə düşməlidirlər, lakin, darağın sürütünmə nəticəsində əldə etdiyi yeni xassəsi buna imkan vermir. Bu, insanlarda uzun müddət gizli qalan xassə öz vaxtında elektrik adlandırıldı.

Təcrübənin ikinci hissəsində, sadəcə, aydın olan bir həqiqəti yoxlayaq. Bu məqsədlə, dörd cüt tamamilə eyni penoplast şar asılmış lövhədə (1) iki çubuğu (şüşə və plastmas) parçaya sürtməklə elektrikləşdirərək cüt penoplast şara iki elektrik yükünün dörd mümkün varinatına baxaq (*şəkil 2.2*). Və təqribən 300 il əvvəl əldə olunan nəticəyə gəlirik: elektrik

yükünün iki fərqli növü ola bilər, onlardan biri şüşənin, digəri isə plastmasın sürtünməsi nəticəsində meydana çıxır.

Elektrik yükünün iki növü: müsbət (şüşənin sürtünmsəsi nəticəsində, "+" ilə işarələnir) və mənfi (plastmasın sürtünməsi nəticəsində, "-" ilə işarələnir) adlandırılmışdı. Təcrübəmizdən çıxan nəticə çox sadə bir şəkildə ifadə oluna bilər: eyni elektrik yükü olan obyektlər ("müsbət" və "müsbət" və ya "mənfi" və "mənfi") bir-birlərini itələyir (1,2) və fərqli yüklər ("müsbət" və "mənfi" və ya "mənfi” və “müsbət") bir-birini cəzb edir (3.4).



Şək. 2.2. Fərqli elektrik yüklərinin qarşılqılı təsrirlərinin təyin olunması

Bəşər tarixi, başlanğıcından başlayaraq, yüksək dərəcədə dünyanın, kəşflərin və ixtiraların tarixini öyrənmək tarixidir. Əsas hərəkətverici qüvvə təbii instinktlərdir, irsi yaddaşda əbədi olaraq qeyd olunur, onlara qeyri-şərtsiz və refleks instinklər deyilir. Bu qeyri - şərtsiz reflekslər arasında həyati prosesləri idarə edənlər var: tənəffüs, həzm, ürək, əzələ, tarazlıq və hərəkət. Tədqiqat instinkti də qeyri-şərti reflekslərə aiddir, insanın həyatda qalması və estafeti sonrakı nəsillərə ötürməsi üçün kömək edir. Bir daş bir daşa dəyəndə qığılcımların göründüyünü görən insan odun necə əldə olunacağını, qışın soyuq havasında necə istini yaradacağını, bir evi necə

işıqlandlracağını, yırtıcıları odla necə qovulmasının yollarını tapdı. Suyun yuxarıdan aşağıya axmasına diqqətlə baxan insan su dəyirmanını yaratdı və yerin cazibə qüvvəsini işə salınmasına nail oldu. Su buxarının hərəkətini öyrənərək, nəticədə əzələləri əvəz edən güclü bir buxar mşını yaratdı. Tədqiqat və təcrübənin olduqca yüksək səviyyəsinə yüksələrək insan əbədi olaraq gizli görünən enerji mənbəyini - nüvə enerjisini kəşf etdi. Tədqiqat instinktinin - təbii həss aslığı, öyrənmə və ixtira ehtiyacı, əbədi ac və donmuş mağara sakininin həyatını necə dəyişdirdiyini qəbul etmək narahat düşüncə olmadan mümkün deyil.

Elmi kəşflər və ixtiraların tarixi bəşəriyyət tarixinin mürəkkəb parçasına çevrilmişdir. Ancaq, benzin mühərrikinin, avtomobilin və təyyarənin ixtirasının, atom bombası və nüvə elektrik stansiyalarının qısa müddətdə izlədiyi uran parçalanma zəncirinin reaksiyasının kəşfinin dünyanı necə dəyişdiyinə tarixi necə çevirdiyinə baxın. İki yüz il əvvəl bir neçə həvəskar elektrik enerjisini öyrənməyə başlamamış olsaydı, dünyamızın, tariximizin necə olacağını təsəvvür etməyə çalışın. Unutmayın ki, müxtəlif elektrik texnologiyalarının uğuru qul əməyindən xilas olmaq üçün əhəmiyyətli bir töhfə verdi. Tarixin üfüqündə, elmin, mühəndisliyin, texnologiyanın, o cümlədən elektrik enerjisinin çoxfunksiyalı tətbiqi ilə bağlı olan yeni qələbələr artıq görünür.

İnsanlar nəyin təbiətdə necə işlədiyini tez anlamadılar. Əvvəlcə, yəqin ki, yalnız tək-tək cəsarətli insanlar mümkünsüz həddləri keçməyə və təbiətin göstərmək istədiklərindən çox şey görmək qərarına gəldilər. Məlum olmayan Amperlər, Erstedlər, Faradeylər, Teslalar, Edisonlar, qol mexanizmləri, təkəri, ulduz istiqaməti, kənd təsərrüfatı, elektrik mühərrikləri, transformatorlar və s. kimi bir çox böyük kəşf və ixtira etdilər. Başqa bir böyük ixtira məktəb, bilik ötürmə sistemi, nəsillərə ötürmək imkanıdır ki, hamısını “sıfırdan” başlamasınlar.

Üç-dörd min il əvvəl dünyanın quruluşu ilə bağlı düşüncələri çox yavaş və çətin irəlilədi. Yalnız son minilliyin

ortalarında bu proses nəzərəçarpacaq dərəcədə sürətləndi və minilliyin sonuna kimi sadəcə bir növ kəşf və ixtiraların sıçrayışı baş verdi. Hələ iki yüz il əvvəl, üç at gücü olan arabalarda insanlar həftələrlə qət etdikləri məsafəni, bu gün təyyarə vasitəsilə cəmi bir-neçə saat ərzində mümkün olur. Buna radio, televizor, antibiotiklər, robotlar, rəngli fotoşəkillər, milyonlarla maşın, sintetik liflər və plastiklər, milyonlarla rahat evlər, İnternet, fiber-optik rabitə, planetin minlərlə peyki daxildir. Bütün bunlar yüz il sonra bəşəriyyət tarixində ortaya çıxdı.

2.2. ELEKTRİK DÜNYANIN ƏSAS QÜVVƏLƏRİNDƏN BİRİDİR

Bütün canlı orqanizmlər cazibə qüvvəsinin nə olduğunu bilir, onu mükəmməl hiss edirlər. İnsan nəinki cazibə qüvvələrini hiss edir, həm də uzun müddət cazibəsinin ona xidmət etməsini məcbur edir, məsələn, çay vasitəsilə aıxın istiqamətində yükləri daha az xərclə daşınması və su axınları su dəyirmanını dönməyə məcbur edir. Bir sözlə, cazibə qüvvəsinə tamamilə vərdiş etmişik, bunu tamamilə təbii və tamamilə başa düşülən bir hadisə hesab edirik.

Təxminən 2500 il əvvəl, qədim yunan filosofu və təbiət tədqiqatçısı Miletskiy Fales, həmkarlarına ağırlıq qüvvəsinin insanlara məlum olmayan bir "rəqibi" olduğunu bildirdi. Bir kəhrəba çubuğunu yun parçaya sürtükdə (kəhrəba qədim ağacların daşlaşmış şəffaf qatranıdır), çubuq yüngül əşyaları, məsələn, kağızın kiçik hissələrini özünə cəlb edir. Ağırlıqlarının, yəni Yerə cazibə qüvvəsinin təsiri altında bu parça hissələri qravitasiya qüvvəsinin təsiri nəricəsində aşağı düşməli olduğu halda bu qüvvəni dəf edərək kəhraba çubuğa doğru yuxarı qalxırlar.

Bu nə haqda deyir? Yalnız bir şey haqqında: iki kütləni yaxınlaşdırmağa çalışan cazibə qüvvəsi ilə yanaşı, dünyada bir sıra başqa qüvvələr də mövcuddur. Sürtümüş kəhrəba çubuğu ilə

aparılan təcrübədə, cazibə qüvvəsindən daha güclü başqa qüvvənin mövculuğunu ortaya çıxartdı. Bu, əvvəllər məlum olmayan qüvvənin xarakteri nədir? Kəhrəbanı yun parçaya sürtükdən sonra niyə o yaranır?

İlk tədqiqatçılar bu suallara cavab verə bilmirdilər, yalnız ətraflı izah edir, anlaşılmaz cazibə faktını qeyd edirdilər.

Göründüyü kimi, yeni fenomenə "elektrik" adı yalnız iki min il sonra verildi - ilk dəfə İngiltərə Kraliçasının saray həkimi Uilyam Gilbertin yazılarında rast gəlmək olar. O, işdən sonra boş vaxtlarında maqnitlərin öyrənilməsi və sonrdan yunanların elektrikllə bağlı sınaqlarını təkrarlamaqla məşğul olurdu. "Elektrik" yunanca "elektron" sözündən, "kəhrəba" mənasını verir və elektrik enerjisi yeni bir fenomen olaraq kəhrəba çubuğu ilə aparılan təcrübələrdə aşkar edildiyinə görə belə adlandırılmışdır.

Parçaya sürtünmüş kəhrəba çubuğu ilə aparılan təcrübələr çox vacib bir nəticəyə səbəb oldu. Bu təcrübələrdən əvvəl maddənin yalnız bir əsas xassəsi məlum idi - kütlə. Cazibə qüvvəsinin qarşılıqlı fəaliyyətinin əsas səbəbkarı, obyektləri bir-birlərini cəlb etməyə, hərəkət etməyə, işləməyə məcbur edən məhz o idi. Elektrikləşdirlimiş kəhrəba, kütlə ilə yanaşı, maddənin digər, fəaliyyət göstərən əsas xassəyə sahib ola biləcəyini göstərdi, daha sonra ona "elektrik yükü" adı verildi. Niyə elektrik başa düşmək olar. Niyə yük? Demək çətindir. Ola bilsin ki, bu konsepsiyanı ilk dəfə təqdim edən - "elektrik yükü" - kəhrəbanın necə sürtüldüyünü təsəvvür edir, bir növ çəkisiz elektrik maddəsini onun içərisinə yükləyir, kəhrəbanı elektriklə doldururdu.

Maraqlıdır ki, ingilis dilində “charg” (tələffüz: karj) sözünün "qiymət", "yük", "vəzifə" də daxil olmaqla bir çox mənalara sahib olan "ittiham" sözü kimi istifadə olunması maraq doğurur. Beləliklə, bu vəziyyətdə "elektrik yükü", yəqin ki, "elektrik qiyməti", yəni elektrik xasslərini ifadə edir.

2.3. ELEKTRİK TƏBİƏTİN TƏMƏL QÜVVƏSİ KİMİ

Elektrik, elektrik yükü insandan gizlədilən tək bir şey deyil, buna baxmayaraq, kütlə kimi öz gücünü nümayiş etdirən bir maddənin xüsusi xassəsidir. Bir neçə min il əvvəl bəzi metal filizlərdə fiziki cisimləri, cazibə və elektrik qüvvəsindən heç də pis olmayan şəkildə hərəkətə gətirə bilən xassə aşkar edildi. XX srin əvvəlində barion yükü (bu anlayışı 1938-ci ildə İsveçrə fiziki Ştükelberq protonun stabilliyini izah etmək üçün irəli sürmüşdür), adı verilən, maddının tamamilə yeni keyfiyyəti kəşf edildi. Bu yük əsas təbiət qüvvələrinin xüsusi növünü güclü nüvə qüvvəsini yaradır. Bu nə cazibə, nə elektrik, nə də maqnetizm deyil, tamamilə müstəqil olaraq tamamilə fərqli bir qüvvədir. Bizə elə gəlir ki, nüvə qüvvələri bizdən əbədi olaraq gizləniblər, çünki onlar yalnız çox kiçik, tamamilə görünməz məsafələrdə - bir milimetrin təxminən triliyonda birində hərəkət edirlər. Məhz güclü nüvə qüvvələridir ki, bu da öz növbəsində protonların (+) eyni elektrik yüklü olması səbəbindən müxtəlif istiqamətlərə səpələnməsinə imkan verməyərək atom nüvəsinin tərkib hissələrini biri-birinə yapışdır.

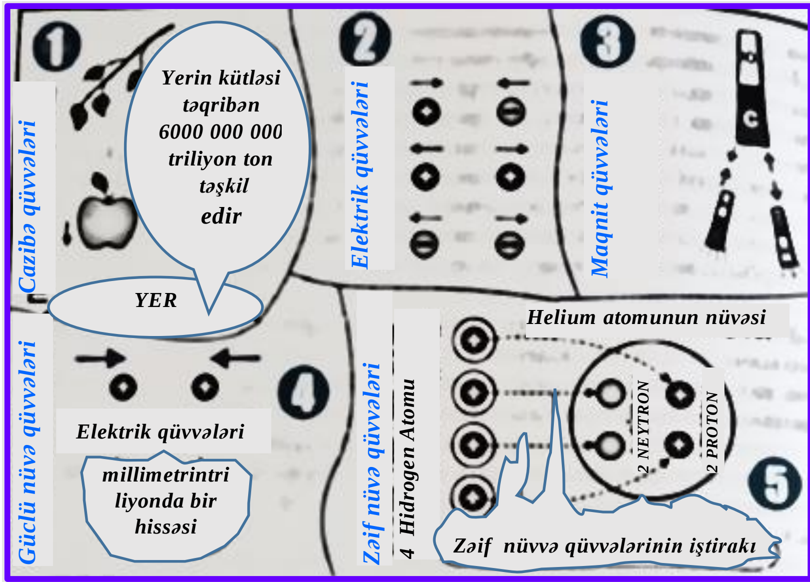
Sonradan atomlar aləmində materiyanın başqa bir fundamental xassəsi - xüsusi növ qüvvə aşkar edildi - bu zəif qüvvələr cazibə qüvvəsindən dəfələrlə güclü olsa da, zəif nüvə qüvvələri adlandırıldı.

Məlumdur ki, təbiətin beş əsas, təməl qüvvəsi mövcuddur. Bunlar dünyamızın doğuşdan əldə olunmuşdu: (i) cazibə qüvvələri,(ii) elektrik, (iii) maqnit, eləcə də yalnız mikrodünyanda fəaliyyətdə olan (iv) güclü və (v) zəif nüvə qüvvələri *(şəkil 2.3)* . Bu qüvvələr əsas qüvvələr adlandırıldı, çünki dünyada baş verən hər şey bu beş qüvvədən bir və ya bir neçə qüvvənin təsiri nəticəsində baş verir.

Elektrik və maqnit qüvvələrinin elektromaqnetizm adı ilə vahid təşkil etdiyi, zəif nüvə qüvvələrinin onsuz da zəif elektrik

adlandıraraq bu qrupa daxil olması lazım olduğu çoxdan məlum idi. Növbəti bölmələrdə elektrik mühəndisliyinin dayağı hesab olunan elektrik və maqnetizm birliyi haqqında sadə formada məlumat veriləcək.

Cazibə, elektrik, maqnit, güclü və zəif nüvə qüvvələrinə baxsanız, onlar nəticədə baş verən hər şeyi aktivləşdirirlər: planetlərin fırlanması, kimyəvi reaksiyalar, istilik prosesləri, atom bombasının partlaması, bir meteoritin düşməsi, müsiqi mərkəzində ən sevdiyiniz melodiyaların oxunması və s.



Şək. 2.3. Təbiətin əsas təməl qüvvələri

Burada qeyd edək ki, müasir fizika daha sadə bir mənzərəni görməyə cəhdlər edir. Nəzəriyyəcilər vahid təbiət, bütün məlum qüvvələrin - güclü, zəif, maqnit, elektrik və cazibə qüvvələrinin "böyük birləşməsi" ideyasını dəstəkləmək üçün bir fürsət axtarırlar. Belə bir birliyin fraqmentlərindən biri təqribən iki yüz il əvvəl Maykl Faradey tərəfindən (bu hadisəni eyni

zamanda Jozef Henri də aşkar etmişdir, lakin o tədqiqat işlərini Faradeydən gec dərc etmişdir) kəşf edildi, məlum oldu ki, elektrik və maqnetizm iki ayrı, müstəqil qüvvə deyil - bunlar vahid elektromaqnit prosesin sadəcə iki fərqli təzahürüdür. Bundan əlavə son zamanlarda, təcrübələr, elektromaqnit və zəif nüvə qüvvələrini bir vahid əsasda birləşmə nəzəriyyəsini təsdiqlədi.

Hələ yaxın keçmişə qədər təbiətdə beş əsas qüvvənin olduğuna inanılırdı. Sonra elektrik və maqnetizmin vahid təbiəti aşkar edildi və dörd əsas qüvvənin olduğuna inanmağa başladılar. Nəhayət, elektrovozun qarşılıqlı təsiri bizi təbiətin üç əsas qüvvəsi haqqında danışmağa vadar etdi - görünür, həqiqətən işlər böyük birləşmə istqamətində gedir. Buna baxmayaraq, zəruri hallarda təbiətin beş əsas qüvvəsi haqqında danışacağıq, çünki onların hər biri çox hallarda müstəqil fəaliyyət göstərir.

Kitabın təyinatından çıxış edərək, gəlim bu son dərəcə maraqlı fizikadan əsas mövzuya - elektrikə qayıdaq.

2.4. ELEKTRIKİN IKI NÖVÜ

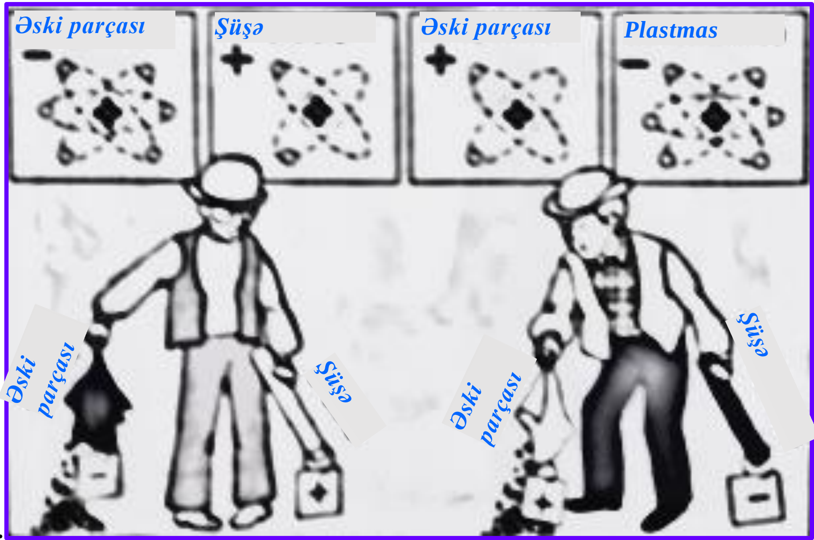
Üç il öncə, 2017-ci ildə elektrikin iki növünün mövcud olmasının ilk dəfə elan olunmasından 280 il keçdi. 1737-cü ildə fransız fiziki Şarl Fransua Dyüfe (1698 – 1739) müxtəlif cisimlərin elektrikləşdirilməsi ilə bağlı apardığı təcürbələrin nəticələri haqqında elmi məqalə dərc etdirdi [21].

Qeyd etmək yerinə düşər ki, qravitasiya qarşılıqlı təsiri nəticəsində fiziki cisimlər yalnız biri-birlərinə cəlb olunurlar, bu günə qədər heç kim antiqravitasiya müşahidə etməyib. Çox güman ki, təbiətdə yalnız bir növ kütlə var və istənilən iki kütlə yalnız bu şəkildə qarşılıqlı təsirdə - qarşılıqlı cazibədədirlər.

Kütlənin eyniliyi, eyni tipli olamsını həddən artıq yüksək dəqiqliklə təsdiq etmək olar. Eyni zamanda, yalnız bir növ kütlənin mövcudluğu faktı o qədər əhəmiyyətlidir ki, fiziklər

bunu daha dəqiq sınaqdan keçirməyi planlaşdırırlar: bizim vərdiş etdiyimiz kütlənin başqa növünün olduğu ortaya çıxsa nə baş verəcək? Burada yer üzündə və kosmosda - mühərriklərsiz, yanacaqsız, tamamilə xərc çəkmədən, təkcə antiqravitasiyanın hesabına uçmaq mümkün olar.

Kütlədən fərqli olaraq, Dyüfe elmi məqaləsində elektrikin iki fərqli növünün mövcud olduğunu təcürbə yolu ilə isbat etdi. Hər kəs bir şüşə və plastik çubuğu əski parçası ilə sürtməklə təcrübə keçirərək buna əmin ola bilər (*şəkil 2.4*).



Şək. 2.4. Fərqli elektrik yüklərinin təyin olunması

Bir parça ilə şüşəni sürtsək, onun səthindəki bir çox atomdan, sadə formada desək, elektronları qoparırıq, şüşədə pozitiv ionlar meydana çıxır, yəni müsbət ion. Şüşədən qoparılan elektronlar parçaya keçir və o mənfi bir yük alır. Plastiki (ebonite) parça ilə sürtərkən parçanın səthindən elektronlar palstikə keçir və onda mənfi ionlar, parçada isə "müsbət" olur.

Hər iki çubuqda, sürtüldükdən sonra elektrik yükü yaranır - hər ikisi kiçik kağız parçalarını cəlb edir. Lakin, şüşə çubuqda və plastikdə müxtəlif növ yüklər yaranır və bu, çox sadə *şəkil 2.2*-də göstərilən təcrübənin köməyi ilə dərhal sübut edilə bilər.

Eyni növ elektrik yükləri və ya başqa sözlə, eyni adlı elektrik yükləri, sanki bir-birlərini sevməyənlər və biri-birini itələyirlər, əks-qarşılıqlı cəzb edirlər.

Beləliklə, elektrik elmi üçün fundametal hesab olunan elektrik iki növünün mövcudluğu təsdiqləndi. Təbbi olaraq, sual yarandı, elektrikləşdirilmiş cismdə müxtəlif elektrik növləri nücə yaranır?

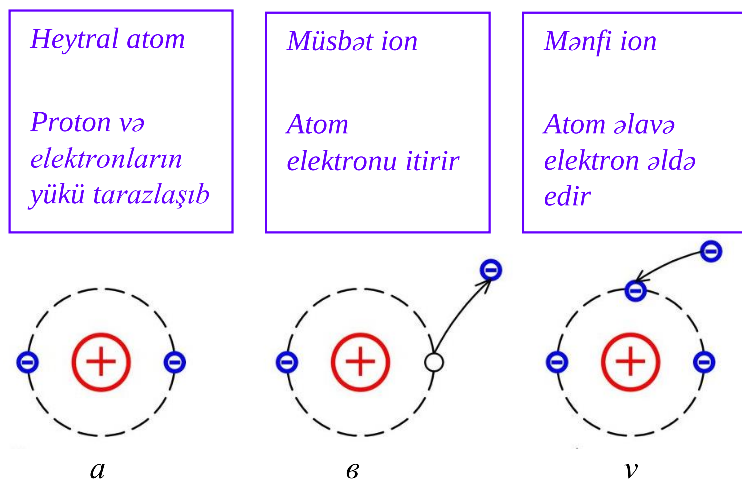
Bu sualı cavablandırmaq üçün 1750-ci ildə amerikalı fizik və ictimai xadim Benjamin Franklin tərəfindən bir ideya irəli sürüldü. Franklinə görə hər bir cismdə elektrik maye kimi, flyid adlanan xüsusi maye maddə mövcuddur. Bir cismi digərinə sürtükdə elektrik maye digərinə axaraq orda izafi yük yaradır (şüşə ilə aparəlan təcürbədə olduğu kimi), əksinə yük defisiti yaradır və mənfi yüklənir. Eyni zamanda Franklinin belə qəribə izahı o dövrdəki mövcud olan faktı – elektrikləşdirilmiş çubuğun kağız parçalarının cəzb etməsi hadisəsinə aydınlıq gətrilmədi.

Digər bir yanaşma ingilis alimi Robert Simmer təfəindən 1759-cü ildə irəli sürüldü. Onun firikirincə, elektrik mayesinin iki növü mövcuddur və onalar iki növ elektrik yardırlar.

Nəhayət, qeyd olunan mübahisəyə 1820-ci ildə Ersted son qoydu. O, “Maqnit əqrəbinə təsirinin elektrik konfliktinə (cərəyanına) aid təcürbələr” adlı məqləsində elektrik cərəyanın maqnit əqrəbinə təsirini izah etdi. Bu məqalə fundamental əhəmiyyətə malik idi. “Elektrik mayesi” – bu gün bizə məlum olan mənfi yüklənmiş elektronlar və müsbət yüklənmiş protonlar idi, hansı ki, eyni miqdarda istənilən maddənin hər bir atomunda mövcuddur [22].

Elektrik enerjisinin iki növünü lazım idi ki adlandırsınlar, məslən, A növ və B növ elektrik və ya "Sarı" və "Yaşıl", və ya, nəhayət, "Şüşə" və "Plastik". Lakin,bu iki fərqli növə ad verən

şəxs digər adlara üstünlük verdi, iki fərqli elektrik növünü "Müsbət" (qısaldılmış, “+”) və “Mənfi” (“-") kimi adlandırdı. Belə halda, bizə tanış olan bu sözlər heç bir məna daşımır və heç bir halda müsbət elektrikin mənfi elektrikdən daha yaxşı olduğunu düşünməməliyik, əsərin müsbət qəhrəmanı və ya müsbət nümunə kimi.



Şək. 2.5. İonlar – müsbət və ya mənfi yüklü zərrəciklər

Elektron və protonun elektrik xassələri, onların elektrik yükləri qiymətinə görə eynidır. Bir atomdakı elektronların ümumi yükü (-) protonların ümumi yükünə bərabərdir (+) (*şəkil 2.5. a*). Bu yüklər bir-birini tarazlaşdırır və bütövlükdə atom elektrik xassələrini nümayiş etdirmir. Ancaq bir elektronu bir atomdan çıxarsanız, müsbət bir iona - müsbət bir yükün üstünlük təşkil etdiyi bir atoma çevriləcəkdir (*şəkil 2.5. b*). Əksinə, bir elektronun əlavə olunması atomu mənfi bir iona, "mənfi" üstünlük təşkil edən bir atom halına gətirəcəkdir(*şəkil 2.5. v*) .

Yuxarıda qeyd olunan proseslərin fizikasını başa düşmək üçün cismlərlə nə baş verdiyini analiz olunması tələb olunur. Bu məqsədlə, istənilən maddənin quruluşunu bilmək vacibdir.

Əvvəlcədən qeyd edək ki, kitabın təyinatına uyğun olaraq, yenə də mövzunun məzmununa xələl gətirmədən ümumiləşmələr və sadələşmələrdən istifadə edəcəyik.

2.5. ATOMUN PLANETAR MODELİ

Bütün maddələr atomlardan ibarətdir və onlardan ən sadəsi hidrogen atomudur. Nüvəsində müsbət elektrik yükü (+) olan bir proton və bir elektron - mənfi yüklü (-) bir hissəcik nüvənin ətrafında fırlanır. Mərkəzdənqaçma qüvvələrinin təsiri altında elektron "mərkəzdən qaçır", lakin nüvəyə elektrik cazibəsi səbəbindən “qaça bilmir”. Beləliklə, elektrik qüvvələri atomların dayanıqlığını təmin edir (*şəkil 2.6*).

“Atom” sözü yunan diliundən tərcüməsi “bölünməyən” deməkdir. Bu ad çoxdan, heç kimin sözün müasir mənasında əsl atomlar haqqında təsəvvürü olmadığı zaman ortaya çıxmışdır. Sadəcə, hesab olunurdu ki, hər hansı bir maddənin ən kiçik görünməyən hissəcikləri əldə olunana qədər hissələrə parçalamaq mümkündür. Qədim Yunan filosoflarının atom adlandırdıqları bu fərziyə, yəni ehtimal olunan, bölünməyən hissələr hesab olunurdu. Sonralar, "atom" adı artıq tamamilə təcürbə yolu ilə aşkarlanmış həqiqi olan hissəciklərə keçdi. Fərqli molekulların, fərqli maddələrin təşkil olunduğu ən əsas bloklara. Molekulların atomlardan təşkil olunması müxtəlif təcrübələrdə sübut olunmuş və hətta xüsusilə güclü böyüdülmə ilə xüsusi fotoşəkillərdə göstərilmişdir [23].

Yüz il əvvəl bəzi elm adamları, qədim yunan filosofları kimi, molekulların təşkil olunduğu, bölünməz bu blokları atom adlandırdırılmışdır. Yalnız ötən əsrin sonunda müəyyən olunmuşdur ki, atomu birmənalı olaraq atom adlandırmaq olmaz və atom bölünməz bir şar deyil, o mürəkkəb strukturlu və müxtəlif detallardan təşkil onumuşdur.

Bəzi proseslərin sadələşdirilməsi üçün atomun rahat və çox faydalı modellərindən biri Günəş ətrafında fırlanan

planetlərə bənzədiyinə görə "atomun planetar modeli" adlandırılmışdır.



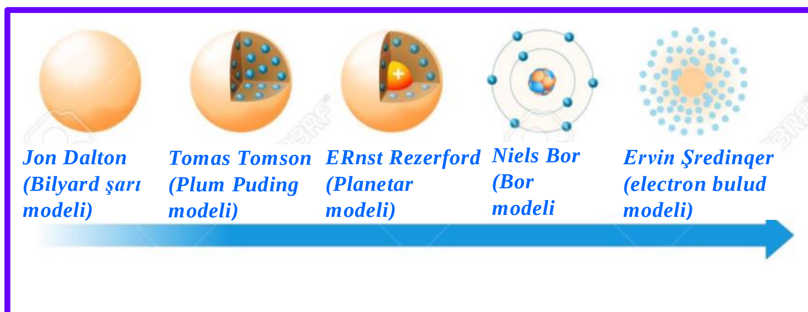
Şək. 2.6. Fərqli elektrik yüklərinin təyin olunması

Yada salmaq faydalı olar ki, atomun quruluşu haqqında ilk fərziyyə 1904-cü ildə Josef Jon Tomson tərfindən irəli sürülüb. Lakin, 1909-cü ildə Ernest Rezerford alfa – hissəciklərin səpələnməsi üzrə ekperimenti ilə onun tərəfindən inkar edildi. Və bununla, Rezeford atomun yeni plenatar modelini təqdim etdi. Lakin o, dərk edə bimədi ki, atomun nüvəsində müsbət yüklərlə yanaşı, netral yüklü hissəciklər (1932-cü ildə ingilis fiziki Jems Kevdik tərfindən ixtira edilmişdir) də mövcuddur. Bundan sonra 1911-ci ildə Antonius van den Bruk intuitiv fərziyyə irəli sürdü – atom nömrəsi atomun yükünün göstəricisidir. Bunun isbat olunması üçün eksperiment tələb olunurdu və 1913-cü ildə Henri Mozli Bruk fərziyyəsini isbat

etdi, sonradan Mozli qanunu kimi tarixə düşdü. Nəticədə Mozlinin əldə etdiyi nəticələr eyni ildə Nils Bor atom modelinin yaradılmasını şərtləndirdi – Günəş sisteminə oxşayan bu modelə görə atom nömrəsinə bərabər müsbət yükə malik olan nüvə orbit qatlarında bərabər sayada elektronlarla əhatə olunmuşdur.

Atomun modelinin zaman vekoru *şəkil 2.7*-də təqdim olunur.

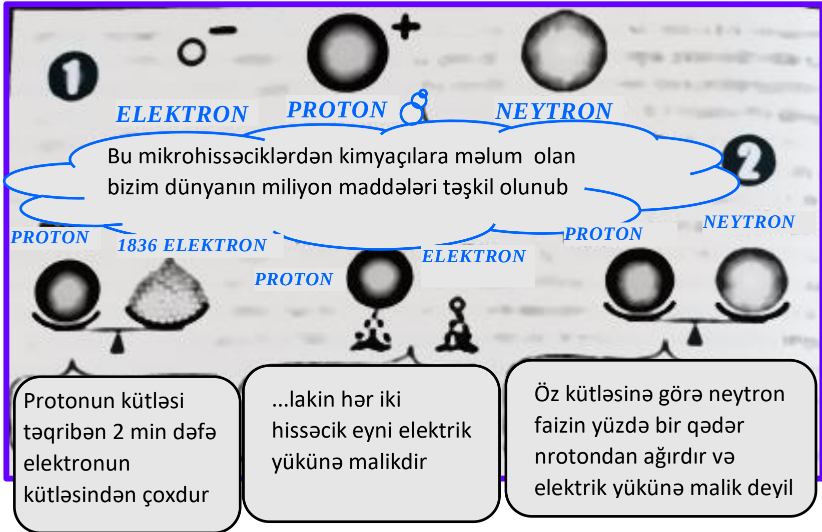
Yuxarıda qeyd olunan atom planetar modelində mövcud olan bütün ziddiyyətləri yalnız kvant mexanikasının (fiziki hadisələrin təsviri həddən artıq kiçik kəmiyyət olan Plank sabitinin qiyməti ilə müqayisə olunan səviyyədə həyata keçirilir) inkişafından sonra aradan qaldırılmasına nail olundu.



Şək. 2.7. Nüvə modelinin təkamülünün zaman vektoru (mənbə: shutterstoc.com)

Kimyəvi elementlərin atomu nüvədə protonların sayınına görə fərqləndirilir. Hazırda protonların sayına görə 1-dən 118-ə qədər dəyişən atomlar məlumdur. Kimyaçılara məlum olan milyonlarla maddə sonda üç növ mikrohissəciklərdən: proton, neytron və elektrondan ibarətdir (*şəkil 2.8. (1)*). İlk iki hissəcik - proton və neytron – mikrodüunyanın "ağır çəkililəri" hesab olunur. Onların hər biri bir trilyon trilyon qat qum tozundan daha yüngüldür, eyni zamanda elektrondan demək olar ki, 2000 qat ağırdır (*şəkil 2.8. (2)*). Eyni zamanda, ağır proton və yüngül elektron həm də elektrik yükünə sahibdir, gücü eyni, lakin

işarəsi fərqli - proton müsbət (bu tip elektrik şüşəni parçaya sürtükdə yaranır), elektron isə mənfi (plastiki sürtərkən yaranır) yükə malikdir. Kütləsinə görə neytron, demək olar ki, proton ilə



Şək. 2.8. Ən məşhur mikrohissəciklər

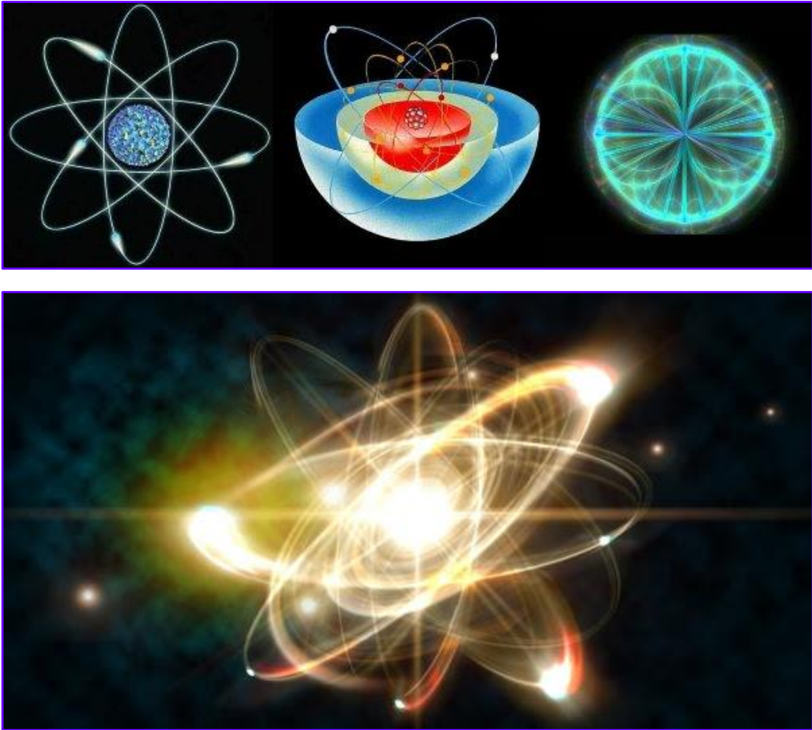
eynidir, lakin heç bir elektrik yükünə malik deyil - bu, latınca "neytrum" - "nə biri, nə də digəri" sözündən yaranməşdər və adın özü mənasını izah edir. Nüvədə həmçinin neytronlar da mövcudur. Bunlar protonlardan fərqli olaraq yükə malik deyillər, yalnız nüvənin kütləsinə təsir edirlər. Prtonların yükü elektronların yükünə bərabərdir. Buna görə də normal halda atom elektriki neytaraldır və onun ətrafında hər hansı bir qüvvə hiss olunmur.

Yuxarıdakı şəkil qismən bizi təcübləndirir. Necə ola bilər ki, miliyonlarla müxtəlif maddələr yalnız üç hissəcikdən təşkil olumuşdur.

Bu onunla izah olunur ki, proton, neytron və elektron müxtəlif maddələrinın yaradılmasında tək-tək deyil, həm də

atomların tərkibində iştirak edirlər. Atomun işi və strukturu onun planetar modelində (*şəkil 2.8*) göstərildiyindən daha mürəkkəbdir. Ən azı ona görə ki, atomun quruluşunun və onda gedən proseslərin öyrənilməsi, tanışlıq xarakteri daşıyan bu kitabın öyrənilməsindən daha çox vaxt tələb edir.

Planetar modelin ən sadə forması - bütün atom kütləsinin cəmləşdiyi bir proton (netron) olan nüvə ətrafında fırlanan kiçik və yüngül elektronu göstərmək olar (*şəkil 2.9*). Daha mürəkkəb



Şək. 2.9. Atomun planetar modeli (mənbə: shutterstoc.com)

atomlarda protonların sayı çoxdur. Belə bir şəkil çox aydındır, təsəvvür etmək asandır, lakin planetar model çox güclü bir sadələşdirmə olaraq, həqiqətin təhrifidir.

Qəbul edək ki, elektronlar ümumiyyətlə toz hissəcikləri deyil, lakin bəziləri bir çox cəhətdən təkcə hissəciklər deyil, həm də dalğalar kimi hərəkət edən sirli maddələrdir. Bu o deməkdir ki, bəzi hallarda elektronlar hissəciklər kimi sıçrayır, manelərdən əks olunurlar və bəzi hallarda sahil daşının üstündən sürüşərək dalğa kimi keçirlər. Atomdakı elektronlar Günəş ətrafındakı Venera və ya Yer kimi sakit dairəvi orbitlərdə hərəkət etmirlər. Elektronlar sanki kosmosda səpələnmiş, nüvənin ətrafındakı sahələrə paylanmış, onun ətrafında necə deyərlər elektron qabığı formalaşdırırlar.

Əlbəttə ki, nüvənin özü də bilyard topu deyil. Birincisi, bir neçə növ hissəcikdən təşkil olunur və öz növbəsində hissələrdən "yapışdırılır". İkincisi, nüvə dondurulmuş bir quruluş deyil, əksinə maddə və enerjinin mürəkkəb çevrilmələri ilə (hissəciklər əmələ gəlir və yox olur) müşahidə olunur.

Hələ ki, planetar model, bütün çatışmazlıqlarına baxmayaraq, atomdakı bir çox vacib prosesləri, kostruksiyasının bir çox xüsusiyyətini sadə və düzgün izah etməyə imkan verir.

2.6. ELEKTRİK İŞIQ MƏNBƏYİ KİMİ

Odun kəşfi ilə bir ərazini işıqlandırmaq üçün istifadə olunan süni işıqlandırmanın ən erkən forması məşəl olmuşdur. B.e.ə 400.000 il əvvəl Pekin Adamı mağaralarında məşəl alovlanmışdır. Bu dövrdə insanlar ətrafı işıqlandırmaq üçün ibtidai yağ lampalarından istifadə edirdilər. Bu lampalar süxurlar, qabıqlar, buynuzlar və daşlar kimi təbii meydana gələn materiallardan hazırlanmış, yağla doldurulmuş volokno fitilidən ibarət idi. Lampalarda ümumiyyətlə heyvan və ya bitki yağları yanacaq kimi istifadə edilirdi. Müasir Fransadakı Lascaux mağaralarında aşkar edilmiş yüzlərlə belə lampalar təxminən 15 min il əvvələ aid olmuşdur. Yağlı heyvanlar (quşlar və balıqlar) da hörüklə toxunduqdan sonra lampa kimi istifadə olunmuşdu.

Sonradan şam və şüşə və saxsı lampalar da icad edilmişdi [24.25].

Eektrik işıqlandırma lampaları ixtiraçılarının kifayət qədər uzun bir siyahısında İngilis ixtiraçısı Delary adətən birincisi sırada qeyd edilir. O, 1809-cu ildə platin telli ilk eksperimental lampanın müəllifidir. Yeri gəlmişkən, bundan yeddi il əvvəl rusiyalı elektrik mühəndisi akademik V.V. Petrov hazırladığı güclü kimyəvi batareya vasitəsilə ilə çox parlaq bir elektrik qövsü əldə etmişdir. Buna baxmayaraq, 1879-cu il, Thomas Edisonun bir neçə il üzərində işlədiyi, sənaye istehsal məqsədilə elektrik lampasını ixtira etdiyi vaxt elektrik işıqlandırmasının əsl başlanğıcı hesab olunur. Beləliklə, O, lampa üçün bu günə qədər mövcud olan bir patron, bir çokol (*şəkil 2.10)* və bir açar, həmçinin elektrik naqillərinin bütün sistemi, o cümlədən məftillərin asıldığı keramika rulonlarını yaratdı. Edison, lampanın dəyərini azaltmaq üçün müəyyən araşdırmalardan sonra onuun 1 dollardan 24 qəpiyə yendirməyə nail oldu [26].

Edissonun iştirakı ilə 1882-ci ildə, elektrik işıqlandırmasının inkişaf etdirildiyi ilk kiçik elektrik stansiyası quraşdırıldı. Bu gün bir çox inkişaf mərhələlərindən keçərək (məsələn, bir karbon çubuğu uzun müddət əbədi olaraq volfram spiralı ilə əvəz edilmişdir) və elektrik enerjisinin böyük bir hissəsinin (90-95 faiz) şüallanma və istiliyə şərf olunaraq itirilməsinə və bəzi ölkələrdə bu tip közərmə lampaların istehsalına qadağa qoyulmasına baxmayaraq, bu tip lampalardan hələ də istifadə davam etdirilir.

Hazırda elektrik işığının böyük bir hissəsi boru şəkilli və yığcam lyumineçent lampalara və ya adətən günüz işıqlanma lampaları adlandırılan lampaların payına düşür (*şəkil 2.10)*. Onların mərkəzində görünməz bir ultrabənövşəyi şüa verən zəif bir elektrik boşalması yaranır. Bu proses, şüşə borunu içərisindən örtən ağ fosforun (lyuminoforun) işıqlandırılmasına məcbur edir. Artıq yarımkeçirici işıq diodları əsasında lampalar geniş tətbiqini tapmışdır (*şəkil 2.10)*. İşıq diodlar (ingilis dilində

LED – light emmiting diodes, növbəti mərhələdə organik OLED geniş inkişişaf olunmaqdadır) – bu yarımkeçirici cihaz elektrik cərəyanını birbaşa işıq şüalarına çevirir.



Şək. 2.10. İşıqlanma sistemlərinin təkamülü (mənbə: https://www.ideallighting.co.uk/2016/09/09/lighting-history/

Qeyd edək ki, ilk işıq diodu 1960-cı ildə ixtira olunmuş və ötən dövr ərzində onlar böyük inkişaf mərhələsi keşmişdir. Bu gün bu tip işıqlanma sistemləri 100 000 saat istismar müddədtinə malikdir. ABŞ energetika depatramentinin məlumatına əsasən, diod texnologiyaları işıqlanma sahəsində sərf olunan enerjinin 90 % -ə qədər qənaət olunmasına imkan vermişdir. Bu işıqlanma lampalarının digərlərindən fərqi ondqan ibarətdir ki, LED lampalarında elektrik cərəyanı itkisiz birbaşa işıq şüalırına çevrilir. Bu sistemlərin digər üstünlüyü isə onların işıqlanma spektrində yltrabənövşəyi və ifraqırmızı şüalar adətən mövcud olmur. İşıq diodu haqqında ətraflı məlumat ixtisalaşmış texniki ədəbiyyatdan əldə oluna bilər [27].

2.7. TƏHLÜKƏLİ VƏ TƏHLÜKƏSİZ ELEKTRİK

Qədim dövrlərdən bəri, təhlükələr insanın hər addımında mövcud olmuşdur və yalnız avtomatizmə qədər inkişaf edən xəbərdarlıq bizi qoruyur. Əks təqdirdə, hər hansı xəstəliyin faydalı bir dərmanını düzgün istifadə etməməyinizlə, dırnaq qayçısı ilə də yaralana və ya sağlamlığınıza ciddi zərər verə bilərik. Qydalara uyğun olamayan və ehtiyatsız istifadə etsək, elektrik enerjisi də bir çox problem yarada bilər. Statistik məlumatlara görə istehsalatda zədələnmələrin təqribən 60 % -i enerji sektorunda baş verir. Bundan əlavə, ölümcül elektrik şokunun 80 % -i gərginliyi 1000 V və ya daha çox olan şəbəkələrdə baş verir. Şəxsi istifadə üçün elektrik cihazlarında, məsələn, problemin yaranmaması məqəsdilə, mümkün olan hər şeyin edildiyi məlumdur. Buna baxmayaraq, yenə də zərərsiz, görünən bir elektriklə işləyən ev cihazı, yumuşaq desək xoşa gəlməyən hadisələrə səbəbi olur.

Təsəvvür edin ki, faz gərginliyinə qoşulu olduğu hər hansı bir mətbəx cihazının daxili elementi, kənardan görünməyən bəzi problemlər səbəindən metal örtüyünə və ya ətrafa çıxan hər hansı bir hissəsinə toxunur. Və, mümkündür ki, sizin dyandığınız taxta döşəmə nəmləndiyinə görə divarlar vasitəsilə yerlə əlaqələndirilmişdir. Yerlə, həmçinin transformatorun ümumi naqili də əlaqləndirlilmişdir və bunun vasitəsilə mənzilinizə gərginlik daxil olur. Beləliklə, bir fazlı gərginliyin sizə tətbiq olunduğu ortaya çıxır və bədəninizdən cərəyan axır. Hansı cərəyan? Böyük və ya kiçik? Əlbəttə ki, dövrə müqaviməti məlum olarsa, Om qanununun əsas düsturu ilə müəyyən edilə bilər. Bu halda, bədənimizin müqaviməti, cərəyan daşıyan cisimlərlə təmaslarının müqaviməti və bir çox digər amillərlə müəyyən edilir. Başqa sözlə, gərginliyə məruz qalmış bir insan orqanizminə tətbiq olunan elektrik cərəyanı ciddi şəkildə dəyişə bilər. Lakin, cərəyanın insan orqanizminə

təsirini dəqiq formada söyləmək olar: cərəyan şiddəti 0,5-1,5 mA (milliamper) - barmaqların bir az titrəməsi; 2-3 mA - güclü silkələnməsi; 5-7 mA - yüngül keyimə və əllərdə ağrının yaranmasl; 8-10 mA - barmaqlarda, əllərdə və biləklərdə güclü ağrıların yaranması, gərginlikdən azad olunmanın çətinləşməsi; 20-25 mA - əllərin iflici, çox şiddətli ağrıların yaranmasl və nəfəs yollarının məhdudlaşdırılması; 50-80 mA - tənəffüsün dayanması, ürək fibrilasiyasının başlanğıcı (ritmin dayanması); 90-100 mA - tənəffüsün dayanması, 3 saniyədən sonra ürək fəaliyyətinin dayanması ilə nəticələnir. Bütün bunlar sənaye 50 Hz tezlikli dəyişən cərəyana aid edilir, sabit cərəyan daha sonra hiss olunmağa başlayır (5-7 mA), lakin cərəyanın növbəti qiymətlərində təsirləri dəyişən cərəyanın təsirinin nəticələri ilə eynilik təşkil edir [28].

Əlbətdə ümid edə bilərsiniz ki, cərəyan altına düşmüş insan bədəndən keçən kiçik bir cərəyan və ondan tez bir zamanda azad olunmaqla özünü xilas edə bilər. lakin bu, təəssüf ki, həmişə baş vermir, xüsusilə yağışlı havalarda, bağ sahəsi olan bir evdə, döşəmələri sadəcə yuyulmuş və (və ya) yaş əllər olduqda. Metal hissələrə və işə salınmış cihazın gövdəsinə toxunmamağa çalışın. Özünüzü nəm döşəmədən, məsələn, quru ayaqqabı ilə təcrid etməyə çalışın. Elektrik cihazlarının bütün müfəssəl yoxlamaları və xüsusən də onlarda təmir işləri apararkən, cihazı şəbəkədən ayırmanıza mütləq əmin olun və hər hansı yoxlama işlərini digər insanların iştirakı ilə icra olunması vacibdir. Belə ki, elektrik cərəyanı vurduqda insan özünü cərəyan keçən elementlərdən azad edə bilmir. Ən başlacası – sadə və başa düşülən bir təhlükəsizlik kitabçası əldə edin və xoşagəlməz halların baş verməməsi üçün diqqətlə nəzərdən keçirin.

FƏSİL III

3.1. ELEKTRONLARIN İŞİ VƏ KVANT MEXANİKASININ HƏQİQƏTLƏRİ

Qatı, maye və ya qaz halında olan maddələrdə, elektriki bir çay axını kimi, yarada bilərsiniz – sərbəst elektron və ya ionların fasiləsiz nizamlı axını. "Elektrik cərəyanı" adlanan bu nizamlı hərəkətdə, hər hansı bir hərəkət edən cisimdə olduğu kimi, müəyyən bir enerji ehtiyatı mövcuddur. Bu mənada, elektrik cərəyanı bu və ya digər işi yerinə yetirə bilər, məsələn, enerjisini istiliyə, mexaniki enerjiyə və ya işığa çevirə bilər. Elektrik cərəyanının işlədiyi sistem enerji istehsal edən, enerjini qəbul edən və sərbəst yüklərin hərəkət etdiyi nəqliyyat marşrutları mövcud olan istehsalat sahəsini xatırladır. Bütün bunlar birlikdə "elektrik dövrəsi" adını almışdır.

Məktəbdə elektrik cərəyanının elektronların keçirici naqildə nizamlı hərəkəti, bununla yanaşı elektrik cərəyanının isə işıq sürəti ilə hərəkət etdiyini öyrədiblər. Elektronlar sıx bir mühitdə belə bir sürətlə necə hərəkət etməyi bacarırlar?

Təəssüf ki, məktəb təhsilindəki çatışmazlıqları göstərən çox yaxşı bir sualdır. Elektrik cərəyanının həqiqi sürətinin nə qədər olduğuna aydınlıq gətirək.

Birincisi, keçirici naqillərdə elektronların işığın sürəti ilə hərəkət etmədiyini dərhal söyləməliyik. Məsələ burasındadır ki, elektronlar kütləyə malik hissəciklər kimi, prinsipcə belə bir sürət əldə edə bilmələri mümkünsüzdür. Əslində, onların sürəti daha aşağıdır və adi enerji təchizatı şəbəkələrində, naqillərdəki elektronların orta sürəti saniyədə 1-2 millimetr arasındadır (dəyişən cərəyan sistemində demək olar ki hərəkət etmir). Bu sürət yük daşıyıcılarının dreyf sürəti adlanır.

Eyni zamanda, hamımız gündəlik təcrübədən bilirik ki, elektrik demək olar ki, ani yayılır. Düyməni basdığımız anda işıq yanır və ya sönür. Əgər elektrik elektronlaırn sürəti ilə yayılsaydı, işığın yanmasını bir neçə saat gözləmək məcburiyyətində qalardıq.

Naqli cərəyan mənbəyinə qoşulamyan halında onda olan sərbəst elektronlar müxtəlif istiqamətlərdə xaotik hərəkət edir və bu hərəkət zamanı çox da böyük olmayan yerdəyişmələr edir. Əgər naqili hər hansı sabit cərəyan mənbəyinə, məsələn bataeraya və ya halvanik elementə qoşsaq (*şəkil 3.1*) bu an naqildəki sərbəst elektronlar xarici bir elektromaqnit sahəsinin



Şək. 3.1. Elektrik cərəyanının paylanması

təsirini hiss etməyə və nizamlı hərəkətə başlayıəə. Qəbul etmək lazımdır ki, elektronlar, ümumiyyətlə bilyard şarları kimi, toqquşanda biri-biri ilə qarşılıqlı təsir təəssüratı bağışlamır. Keçirici naqildəki elektronlar özlərinin elektromaqnit sahələri (300 000 km/san. surətilə) ilə qarşılıqlı təsir göstərir (*şəkil 3.1*). İki elektron biri – birinə nə qədər yaxınlaşırsa, bir o qədər böyük güclə bir-birlərini itələyirlər (elektronların eyni mənfi yüklərə malik olduqlarına görə biri-birlərini dəf edir).

Elektron hərəkət edərkən, onun elektromaqnit sahəsi onunla birlikdə hərəkət edir, buna görə də elektron fiziki cəhətdən ona yaxınlaşmazdan əvvəl digərini "itələyə" bilir. Nəticədə aşağı sürətlə (0,5 mm/s) hərəkət edən elektronlar biri-

birlərini “itələyir” və elektromaqnit effektləri hər bir elektronun sürətindən daha yüksək işıq surəti ilə bütün naqil boyu yayılır.

Kitabın ön sözündə qeyd edildiyi kimi, kitabda təqdim olunan materialların çox hissəsi sadələşdirilmiş şəkildə təlqin olunur, lakin bəzi fiziklər bu bölmələri ümumiyyətlə səhv adlandıra bilər. Və ümumiyyətlə, onlar haqlı olacaq - elektriklə əlaqəli bəzi fikirlər kvant mexanikasında təqdim olunan şəkildən fərqli təqdim edilir ("latın dilindən tərcümədə “kvant” sözü “nə qədər” deməkdir). Kvant mexanikası bir neçə onilliklər ərzində dünya quruluşunun bizdən etibarlı şəkildə gizlədilən detallarını üzə çıxarır. Məsələn, qeyri-müəyyənlik prinsipini götürək - kvant mexanikası bir çox hallarda elektron və ya digər hissəciyin koordinatlarını və eyni vaxtda enerji ehtiyyatını, onun impulsunu yüksək dəqiqliklə müəyyən edilməsinin texniki cəhətdən mümkünsüz olduğunu təsdiqləyir. Bir qayda olaraq, dəqiq koordinatlar haqqında deyil, yalnız bir zərrəciyin fəzanın hər hansı nöqtəsində görünməsi ehtimalı haqqında danışmaq olar. Buna görə fiziklər "elektron orbit" anlayışından istifadə etmirlər - hər bir an üçün nüvənin ətrafında fırlanan elektronun eyni vaxtda yerini və sürətini (impulsunu) bilmək qeyri-mümkündür [29,30,31].

Elektron nüvədən fərqli məsafələrdə fırlana bilər və buna görə fərqli bir enerji ehtiyatına malikdir. Lakin, qeyd edək ki, istənilən enerji ehtiyatına deyil, elektron, qəbul olunduğu kimi, təbiət qanunlarına müvafiq olaraq ciddi şəkildə, necə deyərlər, yalnız təbiət qanunları ilə icazə verilən, müəyyən edilmiş enerji səviyyələrində ola bilər. Saniyədə təxminən 1000 kilometr sürətlə fırlanan (bu təsəvvür etmək mümkün deyil - saniyədə bir milyard milyard dövr!) elektron eyni zamanda elektromaqnit dalğaları yaymır, baxmayaraq ki, klassik fizikaya görə onları yaymalıdır. Sadəcə aşağı bir enerji səviyyəsinə atlayaraq, yəni nüvəyə yaxın bir orbitə keçərək elektron ciddi şəkildə müəyyən edilmiş enerjinin bir hissəsini atır - müəyyən tezlikli elektromaqnit şüalanma kvantını yayır. Kvant nəzəriyyəsinə

görə hesablanmış fərqli atomlar üçün enerji səviyyələri eksperimentlər nəticəsində ölçülən şüalanan tezliyə tam uyğundur.

Digər bir kvant vərdiş etmədiyimiz - hissəcik, həm də bir dalğadır. Nəzəri olaraq hesablanmış dalğa uzunluğu nə qədər kiçik olsa da, hissəcik enerjisi də bir o qədər yüksəkdir və bu da tam təsdiqlənmişdir. Xüsusi halda, elektron mikroskop vasitəsilə kiçik detalları görmək mümkün olmur, çünki elektronun dalğa təbiətinə görə (kiçik daşalrda dəniz dalğası yuvarladığı kimi) onlardan keçir.

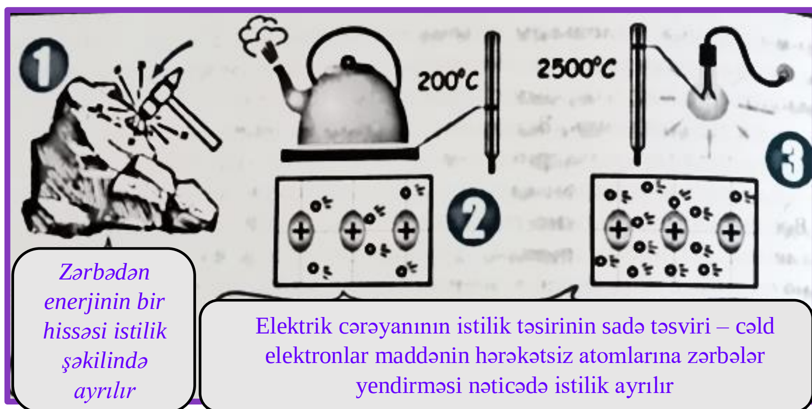
Ancaq əsas məsələ hər halda başqadır. Kvant mexanikası, daha doğrusu, kvant ideologiyası şeylərin təbiəti ilə bağlı əvvəllər sarsılmaz fikirlərimizi kökündən dəyişdirdi. Məsələn, çox kəsilməz hesab edtiklərimiz diskret, kəsilən, kvantlı olduqları müəyyən olundu.

Kvant fizikası maraqlı və qəribə bir dünya kəşf etdi, onunla tanış olmaq çox səy tələb edir, inanması asan olmayan bir şeyə inanmaq bacarığı. Kvant fizikasının inkişafı üçün çox işlər görən böyük fizik Albert Eynşteyn, onun ehtimal təbiəti ilə barışa bilmədi: "Rəbbim Allahım kart oynamır." Hətta peşəkarlar qəribə bir kvant dünyasını təsəvvür edə bilmədiklərindən şikayət edirlər, təsəvvürlərini birtəhər aldatmaq üçün yollar axtarırlar.

Bütün bu çətinliklərə görə, tədris və populyar kitabların müəllifləri mürəkkəb kvant təsvirlərindən istifadə etməməyə çalışırlar və ümumiyyətlə sadə və aydın klassik modellərdən istifadə edərək mümkün olan hər şeyi izah edirlər. Eyni səbəbdən, elektriklə əlaqəli qeydlərimizdə köhnə, çox sadələşdirilmiş modellərdən istifadə edilir. Və bu modellərdən istifadə edərək, heç olmasa bəzən real dünyanın daha mürəkkəb olduğunu və kvant fizikasının bu mürəkkəbliyin çox hissəsini aşkar etdiyini xatırlatmalısınız.

3.2. ELEKTRON VƏ / VƏ YA İONLARIN ƏSAS XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Çoxumuz, çəkiclə qranit parçasına zərbə endirərkən qığılcımların necə yarandığının görmüşük – hərəkət edən çəkicin hərəkət (mexaniki) enerjisi zərbə prosesində istiliyə çevrilir. Eyni səbəbə görə, qum püskürdücü cihaz tərəfindən püsgürdülən qumun sürətli axınını qranit lövhəyə yönəltsək, qum axını onu təmizləməklə yanaşı, həm də qızdırır. Eyni şəkildə elektrik cərəyanı keçərkən metalı qızdırır. Əlbətdə, sərbəst elektronların asanlıqla və demək olar ki, maneəsiz hərəkət etdiyi mis və ya alüminiumda yüksək qızma müşahidə olunmur. Cərəyan elə metallardan buraxılır ki, burada elektronlar maddənin atomları ilə intensiv toqquşur və enerjisinin əhəmiyyətli hissəsini istiliyə çevirir. İstilik təsiri, istinmə, hərəkət edən yüklü zərrəciklərin birinci xüsusiyyətidir (*şək. 3.2.(1)*). Bu, əlbəttə ki, sadələşdirilmiş bir izahdır.



Şək. 3.2. Yüklü zərrəciklərin xüsusiyyətinin təsviri

Onların ikinci xüsusiyyəti işığın yayılmasıdır (*şək. 3.2.(3)*). Əgər maddədə sərbəst yükləri yaxşı sürətləndirsək, onda onlar hərəkətsiz atomlara elə bir qüvvə ilə zərbə vuracaqlar

ki, onlar işıq saçacaqlar. Közərmə işıqlanma lampalarının iş prinsipi məhz bu hadisəyə əsaslanmışdır: kifayyət qədər sərbəst elektronlar axını böyük qüvvə ilə lampanının daxilində kifayət qədər yüksək temperaturda ərimәyən metaldan (məsələn, volfram 3380 dərəcə əriyir) hazırlanmış və vakum yaradılmış kiçik bir şüşə və ya qazla doldurulmuş metal qabda yerləşdirilmiş telin atomlarına həddən artıq böyük qüvvə ilə zərbələr endirirlər və o parlamğa başlayır. Qeyd edək ki, Cərəyanın istilik effekti orta hesabla 200 il əvvəl istifadə olunmağa başlasa da, elektrik lampası yalnız 70 il sonra ortaya çıxmışdı.

Qeyd edək ki, hərəkət edən elektronun tərpənməz bir atoma təsiri ilə istiliyin ayrılması prosesi sadələşdirilmiş bir yanaşmadır. Bu prosesin əsl mürəkkəb mənzərəsi kvant mexanikası tərəfindən müəyyən olunur.

Hərəkət edən yüklərin (yüklü zərrəciklərin), sərbəst ionların başqa bir xüsusiyyətini nəzərdən keçirək. Bir ion axını yaratmaq - bu maddə axını yaratmaq deməkdir. Belə ki, ionlar da atomlardır və bir və ya iki elektron olmadıqda və ya əlavə bir cüt elektrona sahib olduqda problem yaranmır. Atom, ilk növbədə nüvədir, çatışmayan elektronları hər zaman əldə etmək və artıqlarınıdan qurtulmaq olar. Eyni zamanda, ion, atom olsa da, neytral deyil – elektrikləşdirilmişdir. Və ionları elektrik qüvvələri ilə hərəkət etdirə bilərsiniz. Elektrik cərəyanının yaradılmasında sərbəst ionlar iştirak edərsə, "halvanaplastik" adlanan daha bir vacib bir işi yerinə yetirə bilər - ionlar təmsil etdikləri maddəni daşıya bilər. Məsələn, ucuz qara metalda halvonaplastik texnologiyası parlaq nikel və ya digər dekorativ və qoruyucu örtüklər yaradır.

Təəssüf ki, elektrik cərəyanının əsas xüsusiyyəti, yəni sərbəst elektron və ionların nizamlı axını haqqında fikirlərə hələ hazır deyilik - onların köməyi ilə mexaniki iş görə bilərsiniz, məsələn, bir intiqalı döndərə, dinamik diffuzorunu hərək etdirə, elektrik qatarını darta bilərsiniz. Hətta, bizə məlum olan yüklü

zərrəciklərin xüsusiyyətləri - istilik, işıq istehsalı və maddənin daşınması – hərəkət edən zərrəciklərin işi nəticəsində fəaliyyət göstərən maşın və qurğular haqqında daha çox məlumat almaq mümkündür.

3.3. KEÇİRİCİLƏR, YARIMKEÇİRİCİLƏR VƏ DİELEKTRİKLƏR

Hər bir maddədə nəzərə çarpan miqdarda sərbəst elektrik yükü mövcuddur və onların sayı bir çox amillərdən asılıdır. Məsələn, maddənin təmizliyindən, yerləşdiyi mühütdən və s. Bəzi maddələrdə işıq şüaları ilə sərbəst elektronların sayı xeyli artırıla bilər - işıq sadəcə elektronları atomlardan qoparır. Digər maddələr üçün də eyni effekt rentgen şüalanmasının təsiri altında müşahidə olunur. Sərbəst yüklərin sayı temperaturdan da asılıdır - nə qədər yüksəkdirsə, atomlar və molekulların daxili istilik rəqsləri bir o qədər intensiv olur, onlardan daha çox elektron çıxır. Əlbətdə ki, bir maddənin sərbəst yüklərinin sayı ilk növbədə hansı maddənin olması, atomlarındakı xarici elektronların nüvəyə nə qədər sıx bağlı olması, sərbəst qalma qabiliyyətinin nə qədər asan olmasından asılıdır. Həm də atomların nə qədər böyük, bir-birlərinə nə qədər yaxın olmasından asılıdır.

Ümumiyyətlə, bütün maddələr üç əsas qrupa bölünür: keçiricilər, yarımkeçiricilər və dielektriklər, axırıncıya bəzən izolyatorlar adlandırılır.

Keçiricilər haqqında artıq danışdıq - bunlar, ilk növbədə, metallardır, atomlarında xarici elektronlar nüvəyə çox zəif bağlıdırlar və demək olar ki, hər atom bir və ya bir neçə elektronu atomlararası məkana buraxaraq müsbət bir iona çevrillir. Metallarda o qədər sərbəst elektron mövcuddur ki, onlara "elektron qaz" və ya "elektron toz" ifadələri tətbiq olunur.

Keçiricilər maye və qaz ola bilər. Bu halda "ola bilər" dedikdə aşağıdakı kimi başa düşülməlidir: mayedəki (və ya

qazdakı) sərbəst elektronların miqdarı, hansı maddələr onda həll edildiyi, hansı kimyəvi proseslərin baş verməsindən asılıdır. Məsələn, distillə edilmiş suda sərbəst yüklər çox azdır, praktiki olaraq qəbul edə bilərik ki, heç yoxdur. Ancaq bir az duzu distillə edilmiş suya atsaq, duz əriyyərək suda çox sayda sərbəst müsbət və mənfi ion əmələ gətirəcək və o keçiriciyə çevriləcəkdir. Müəyyən şərtlər daxilində, bəzi qazlar yaxşı keçiricilərə çevrilir, bunu işıq saçan gün işığı lampasına baxaraq görmək olar.

Dielektriklərdə (izolyatorlarda) bütün elektronlar nüvəyə möhkəm bağlıdır və nadir hallarda onlardan biri sərbəst qala bilər. Aralarında bir müsbət ion – atomlararası məkanda elektron itirən bir atom tapmaq üçün dielektrikin milyardlarla atomunu yenidən nəzərdən keçirmək lazımdır.

Yarımkeçiricilər haqqında onların adları təsəvvür yaradır - onlarda dielektriklərə nisbətən daha çox sərbəst elektronlar var, lakin keçiricilərə nisbətən daha az. Bundan əlavə, yarımkeçiricilərin bütün müasir elektronikanın əsasını təşkil edən xüsusiyyətləri mövcuddur. Plastik korpuslarda gizlənmiş minlərlə və hətta milyonlarla yarımkeçirici cihaz istənilən kompüterdə, cib telefonunda, televizorda fəaliyyət göstərir. Yarımkeçirici qurğular elektrik maşınlarında, bir çox böyük enerji sistemində də geniş istifadə olunur.

İndiyə qədər bütün elektrik təcrübələrimizi izolyatorlarla aparmışıq: şüşə, plastik, penoplast. Lakin, elektrik enerjisindən əhəmiyyətli bir iş əldə etmək istəyiriksə, izolyatorlardan keçiricililərə keçid etməliyik, harada ki, çox miqdarda sərbəst yük mövcuddur və bunların köməkliyi ilə kifayət qədər güclü bir axın yarada bilərik.

3.4. ELEKTRİK DÖVRƏSİNİN ƏSAS ELEMENTLƏRİ

Sərbəst elektronların və ya ionların işlədiyi sistemə "elektrik dövrəsi" deyilir. Bu addakı "dövrə" sözü, hər şeydən əvvəl, ona görə meydana çıxmışdır ki, yüklər bir qayda olaraq, ardıcıl bir neçə hissədən, sanki dövrənin zəncirlərindən keçir.

Mümkün olan üç sərbəst yük növündən (elektron, müsbət və mənfi ionlar) yalnız elektronlar haqqında danışacağıq - bunlar əsas “işçilərdir”, əsasən elektrik maşınlarında, aparatlarında, sistemlərində işləyənlərdir.

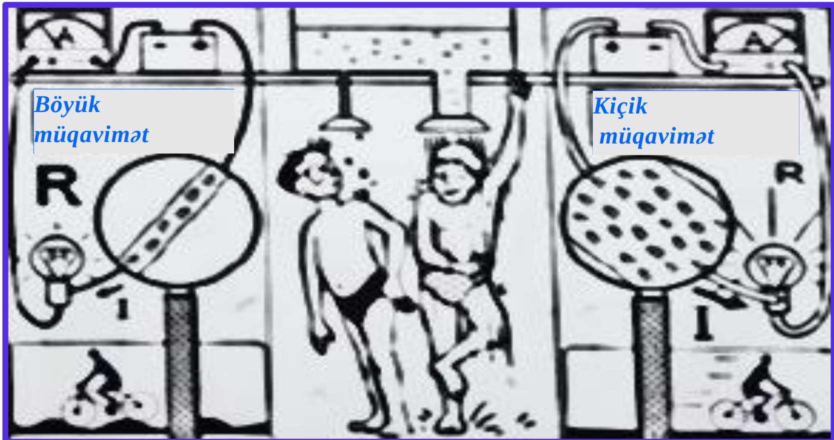
Elektrik dövrəsinin nə qədər mürəkkəb olmasından asılı olmayaraq, iki əsas hissə (element) mövcud olmalıdır. Onlardan birində sərbəst yüklər enerji alır - bu bir *mənbədir* (generatordur), digər hissədə, elektronlar aldıqları enerjini təhvil verir. Bu hissə *yük* adlandırılır. Tipik bir yük közərmə lampası, onun metal telindəki, generator tərəfindən hərəkətə məcbur edilən sərbəst elektronlar yerli atomlarla toqquşaraq onlara zərbə endirir və bunun nəticəsində istilik və işıq ayrılır. Generatör və yük yalnız elektrikə deyil, həm də enerjidən istifadənin digər sxeminə, istənilən işi yerinə yetirmək üçün hazırlanmış hər hansı bir qurğuya daxil edilmişdir. Məsələn, su dəyirmanı. Təbiətin qüdrətli qüvvələri - Günəş və külək suyun yer üzündən buxarlandırır, buludlarda toplanır və yağış və qar şəklində yenidən yerə səpələnir. Dağlarda yığılan su axıraq çayları formalaşdırır. Qravitasiya qüvvəsinin hesabına onların enerjisindən istifadə edərək generator kimi işlətmək olar. Düşən su çarxı döndərir, dəyirmanın daşlarını fırladır, zəruri işləri yerinə yetirir - taxılları üyüdür. Bu bir yükdür.

İki elektrikləşdirilmiş çubuq - şüşə (+) və plastik (-) - ən sadə generator hesab olunur. Bu mənada, generator sərbəst elektrik yüklərini hərəkətə gətirə bilər. Çubuqları məftil vasitəsilə əlaqələndirsək, onda dövrədə elektrik cərəüyanı axacaqdır. Qədim "cərəyan” sözü "davamlı axın" deməkdir.

Düstur və sxemlərdə, texniki mətnlərdə elektrik cərəyanı “*I*” hərfi ilə ilə işarələnir.

Bzim nümunəmizdə, elektrik cərəyanı, elektronların kifayət qədər çox olduğu bir plastmas çubuqdan (-), şüşə çubuğa (+) keçməsi nəticəsində sərbəst elektronların nizamlı hərəkətidir: plastik çubuq artıq "mənfi" elektronunu naqilə ötürür, bu hissədə də izafi "mənfi" elektron yaranır, o sərbəst elektronu daha uzağa “müsbət “ istiqamətə - şüşə çubuğa tərəf hərəkət etdirir. Bu, dövrədə keçirici yük rolunu oynayır - cərəyan ondan keçərək iş görür, bir az istilik hasil edir.

Elektrik dövrəsinin və onun ayrı-ayrı hissələrinin vacib bir xüsusiyyəti onların *müqavimətidir* (adətən R hərfi ilə göstərilir). Müqavimət dövrənin müəyyən bir hissəsindəki sərbəst yüklərin hərəkətinə nə dərəcədə maneə törədildiyini və atomları ilə toqquşmanın elektrik cərəyanını nə qədər zəiflədiyini göstərir. Hidravlik analogiya elektrik dövrəsindəki hadisələrin, şübhəsiz ki, görünməz elektrik dünyasında baş verənləri anlamağa kömək edəcək (*şək. 3.3*).



Şək. 3.3. Elektrik müqvimətinin hidravlik analogiyası

3.5. ÖLÇÜ VAHİDLƏRİ SİSTEMİNİN BAZA PRİSİPLƏRİ

Ümumiyyətlə, *ölçü* dedikdə biz ölçülən *kəmiyyətin* digər eynicins, bütün iştirakçılar təfindən vahid kimi qəbul olunan və texniki *ölşü vasitəsində* saxlanılan kəmiyyətə nisbətini təyin etmək üçün *fəaliyyələrin məcmusu* kimi başa düşürük [32,33]. Elektrik kəmiyyətlərinin ölçü vahidləri haqqında məlumatlara keçməzdən əvvəl, ölçünün baza prinsiplərini nəzərdən keçirək (S364).

Uzunluq, kütlə, zaman və temperatur elmi hesablamalarda əsas hissələrdir. Metr (m) - əsas uzunluq vahididir, orta bir şəxs üçün, bu təqribən bel və yer arasındakı məsafədir. İnsanların əksəriyyəti 1,5 ilə 1.8 m hündürlükdədir; mənzil tavanları təqribən 2,5 m; stadionun perimetri - 400 m, reaktiv-enmə zolağı təxminən 3000 m. Ölçü vahidlərində vürüqları göstərmək üçün standart yunan prefikslərindən istifadə olunur. Kilo - 1000, buna görə 3000 m - 3 kilometr (km). Marafon məsafəsi - 42.195 km, Qərb Sahilindən Şərqə uçuş - təqribən 4000 km, ekvator ətrafı təxminən 40 min km, işıq saniyədə 300 min km sürətlə hərəkət edir, 150 milyon kilometr Yer kürəsini Günəşdən ayırır. Standart latın prefiksləri kəsir vahidləri ifadə etmək üçün də istifadə olunur. Bir santimetr bir metrin yüzdə biri. Masadakı yumruq orta hesabla 10 sm (0,1 m) məsafəni məşqul edəcəkdir. Qələmlər 20 sm (0,2 m), yeni doğulmuş körpələr - təxminən 50 sm (0,5 m) təşkil edir.

Geniş yayılmış sahə ölçü vahidləri sm^2 ilə km^2 arasında dəyişir. Yataq təxminən 2 m^2, kiçik Amerikanın təməli Kansky bungalov - təxminən 100 m^2. Sonuncu kvadrat (10 ilə 10 m) ar adlanır, 10 (hekto) belə kvadrat hektarı (ha) təşkil edir və kənd təsərrüfatı sahələrinin baza metrik ölçü vahididir. Çinlilər və ya Banqladeş sakini 0,1 ha-dan qidalanmalıdır, Amerikada adambaşına təxminən 1 ha düşür. Böyük ərazilər adətən kvadrat kilometrlərlə ölçülür.

Əsas kütlə vahidi kub həcmini su ilə doldurmaqla asanlıqla əldə etmək olar. Bir yumruğun ölçüsü, yəni 1000 sm^3 (10 ilə 10 ilə 10 sm) bir litr (l) həcmdə olacaqdır. Əgər bu həcmi su ilə doldursaq, 1000 qram (g) və ya bir kiloqram (kq) bir kütlə alırıq, əsas kütlə vahidi. Bir butul sərinləşdirici içki adətən kiloqramın üçdə birini (350 q) təşkil edir, yeni doğulmuşlar - 3 ilə 4 kq arasında, böyüklərin əksəriyyəti ABŞ xaricində - 50 kq-dan 90 kq-a qədər olur. Kompakt bir avtomobilin çəkisi təqribən 1000 kq və ya bir ton (Amerikan ton tonu da deyilir cəmi 907 kq). Böyük bir atın çəkisi təxminən 1 ton olacaq; 30 tondan 100 tona qədər dəmir yolu vaqonu, bir neçə mindən 500 min tona qədər gəmilər təşkil edir.

İkinci (lər), vaxt intervalı orta müddətdən bir az daha uzun olur

Saniyə (s), zamanın əsas ölçü vahididir. İstirahət edərkən hər dörd saniyədə nəfəs alırıq; bir stəkan su içmək üçün 10 saniyə vaxt sərf edirik. Digər zaman vahidləri metrik sistem üçün istisnadır. Onu çoxaltmaqla deyil, Şumer və Babildən gələn altı onluq (60 baza ilə) hesablanan qədimdə meydana gəlmişlər. Sıx bir kəsişmədə qırmızı işıq 60 saniyə və ya bir dəqiqə yanır. Qaynadılmış yumurta bişirmək üçün səkkiz dəqiqə zaman səf edilir; Orta klassik simfoniya 40 dəqiqə davam edir. Hər sıçrayışsız il 365 gün və ya 31,536 milyon saniyə davam edir; Qərb ölkələrində qadınların orta yaşama həddi 80 ili keçir; əkinçilik təxminən 10 min il əvvəl yayılmağa başlamışdır; dinozavrlar 80 milyon il əvvəl bolluq içində yaşamışdılar; Yerin təxminən 4.5 milyard yaşı var.

Temperaturun ölçülməsi üçün elmi miqyas, Kelvin dərəcəsi mütləq sıfır olaraq başlayır. Selsi (C) miqyası daha genişdir: o, donma nöqtəsi ilə (0 ° C) qaynama nöqtəsi (100 ° C) arasındakı parçanı bölür. Bu ölçüdə mütləq sıfır 273,15 ° C, su 0 ° C-də donur, xoş bir yaz günü 20 ° C-də hiss olunur və insanın normal bədən istiliyi 37 ° C təşkil edir. Su 100 ° C-də qaynayır,

kağız 230 ° C-də yanır, 1535 ° C-də dəmir əriyir, Günəşdə termonüvə reaksiyaları 15 milyon dərəcə Selsiyə çatır.

Deməк olar ki, bütün digər elmi ölçü vahidlərini uzunluqdan, kütlədən, zaman və və temperaturdan əldə etmək olar. Məsələn, enerji və güc üçün aşağıdakı kimi əldə etmək olar. Güc, 1 m / s^2 təcillə hərəkət edən 1 kq kütlədə bir Nyutona (N) bərabərdir. 1 m məsafədə 1 N gücün tətbiqi əsas enerji vahidi 1 joule (J) -ə bərabərdir. Kalori, qidalanma məsələlərində tez-tez istifadə olunan 4.184 J enerjiyə bərabərdir. Hər ikisi də kiçik kəmiyyətlərdir: gündəlik aktiv qida qəbulu yetkin bir qadının 2000 kalori (2 Mkal) və ya 8.36 MJ olması lazımdır. Güc - müəyyən verilən zaman kəsiyində enerjini ifadə edir, buna görə də 1 (J / s) 1 vatt (V)-a bərabərdir.

Bir çox vahidlərin, məsələn, sürət üçün - saniyədə metr (m / s) və ya saatda kilometr (km / saat) və ya məhsuldarlıq üçün - saatda kiloqram və ya ton (kq / saat və ya t / saat) və ya ton il (t / il) - öz adları yoxdur. İşləyən at orta hesabla 1 m/s sürətlə hərəkət edir, magistral yolda məhdudiyyətlər ümumiyyətlə 100 km / saat sürət həddindədir.

Növbəti paraqraflarda elektriklə əlaqəli bəzi ölçü vahidləri haqqında daha ətraflı məlumatlar verilir.

3.6. ELEKTRİK YÜKÜNÜN ÖLÇÜ VAHİDİ

Bütün elektrik proseslərinin əsas səbəbi olan elektrik yükünü kəmiyyətcə qiymətləndirmək üçün “əlifba”dan başlamağa çalışaq.

Əvvəlki paraqrafda qeyd olunduğu kimi, uzunluğu metr, kütləni kiloqram, zamanə isə kəmiyyətcə qiymətləndirilməsi üçün saniyə ilə ölçülür. Elektrik yükünün ölçü vahidi isə kulon, qısaldılmış formada *K* hərifi ilə işarə edilir. Və bu elektrik elminin qurucularından biri olan Şarl Kulonun şərəfinə adlandırılmışdır [34]. Ənənəyə görə, öz adından irəli gələn ölçü vahidi, qısaldılmış formada böyük hərflə başlayır. Başqa sözlə, metr *m*, saniyə - *s*, kiloqramı *kq* və elektrik yükü isə *K* ilə işarə edilir. Lakin, belə bir vahid tam həcmdə yazılarkən biz *5 K* deyil *5 kulon* kimi qeyd edirik.



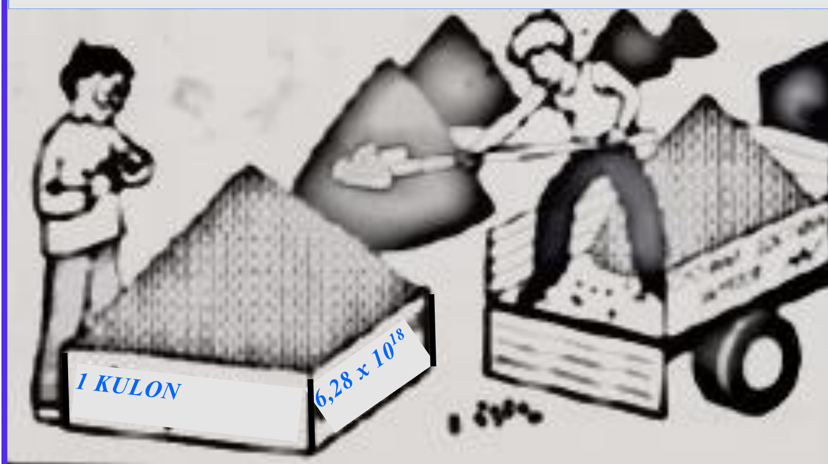
Şarl Oqyusten de Kulon (1736-1806) (mənbə: http://knowledge.su/

Əlbəttə ki, hər birimiz bir metr uzunluğu, bir kiloqram kütləni asanlıqla təsəvvür edirik. Digər tərəfdən, saniyə olduqca nəzərə çarpan bir vaxt intervalıdır. Kulon nədir? Çox və ya azdır? Belə bir elektrik yükünü necə təsəvvür etmək olar?

Parçaya sürtünmüş şüşə çubuq çox kiçik bir yükə malikdir - kulonun milyonda bir hissəsinə. Eyni zamanda, bu o demək deyil ki, 1 kulon astronomik miqdar hesab olunur. Elektrikləşdirilmiş çubuq kiçik bir yükə malikdir, eləcə də onun elektrik qüvvələri kiçikdir, o sadəcə yüngül kağız parçalarını cəzb edə bilir. Hətta bir cib fənərində tamamilə fərqli yüklər fəaliyyət göstərir – bir "mənfi" batareya (mənfi elektrod) cəmi *0,2-0,5 kulon* cərəyanı ilə, kiçik elektrik mühərrik hər saniyə şəbəkədən onlarla kulon yük qəbul edə bilər.

Burada elektron və protonun elektrik yükünün ən kiçik hissəsi olan hissəciklər olduğunu xatırlatmaq yerinə düşər.

Elektronın mənfi yükü, həmçinin protonun müsbət yükü təqribən *0.15x10*^{18} *K*, yəni *1 kulonun* milyardda birinin *0,15* milyard hissəsidir. Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, ümumi elektrik yükünün vahidi, bir yerə toplanmış 6,280.000.000.000.000.000 (6.28 milyard milyard - 6 kvintilyon) və ya başqa şəkildə 6.284x10^{18} elektronların/ protonların ümumi yükünə bərabərdir (*şəkil 3.4*). Bu elektron dəsti şərti olaraq bir növ etalon kimi təsəvvür edilə bilər - 1 K mənfi elektrik yükü kimi. Eyni ilə müsbət yük etalonu kimi, 6x10^{18} protonu təsəvvür edə bilərik



Şək. 3.4.Elektrik yükünün elektronla müqayisəsi

Qeyd edək ki, bir elektronun elektrik yükü (adətən *q*, ya *Q* hərfi ilə işarələnir), protonun yükü müsbətin ən kiçik hissəsi olduğu kimi, mənfi elektrikin ən kiçik hissəsidir.

Əslində, *1 K* (bir kulon) yükü kiçik həcmlərdə sıxaraq lazımi sayda proton və ya elektron toplamaqla əldə edilə bilməz. Eyni yüklü hissəciklər o qədər böyük bir qüvvə ilə biri-birini

itələyir ki, onları bir mikroskopik toza yerləşdirə bilmərsiniz. Unutmayaq ki, yalnız ən güclü nüvə qüvvələri eyni yükün elektrik itkisini dəf edir və atom nüvəsindəki bir neçə onlarla protonu birləşdirir.

Bu qədər elektron və protonun bir yerə toplanması bizim təsəvvürümüz narahatçılıq doğurmamalıdır. Sadəcə elektrik yükü olan hər hansı bir fiziki cisim onu milyardlarla və ya trilyonlarla atom hissəciklərinin elektrik xüsusiyyətlərinin məcmusu kimi qəbul edilir.

Kulon elektrik yükünün çox yayılmış ölçü vahididir, onun vasitəsilə cərəyan və gərginlik vahidləri ifadə olunur, *1 kulon, 1 s* ərzində naqildən keçən *1 A* cərəyan şiddətinə bərabər olan yükün miqdarını təsvir edir.

üçün çox da sadə məsələ deyil. Eyni zamanda, bu

3.7. CƏRYAN ŞİDDƏTİ VƏ ONUN ÖLÇÜ VAHİDİ

Cərəyanın şiddəti ən təbii və ən başa düşülən xüsusiyyətlərdən biridir. Bu elektrik dövrəsinin hər hansı bir hissəsində sərbəst yüklərin nizamlı hərəkətinin nə qədər intensiv olduğunu göstərir. Avtomobil sıxlığının qiymətləndirilməsində "intensivlik" sözü tez-tez istifadə olunur. Məsələn, hər dəqiqə iki-üç yüz maşın evinizin yanından keçirsə, düşünün ki, sıx trafikli bir küçədə yaşayırsınız və gün ərzində iki-üç yüz maşın sizin küçənizdə hərəkət edirsə, onda nəqliyyatın intensivliyi azdır. Elektrik cərəyanını qiymətləndirərkən, intensivlik əvəzinə, xarakterik qüvvədən istifadə olunması qəbul olunmuşdur. Bu mənada, o "güclü yağış" ifadəsi ilə eynilik təşkil edir.

Bir naqildəki cərəyan gücünün nə dərəcədə dəqiq hesablandığını başa düşmək üçün bu naqilin içərisində bir növ nəzarət nöqtəsi yaradıldığını təsəvvür edin - naqil sanki eninə bir şəbəkə ilə bağlanmışdır və fotoselləri olan avtomatik qurğu vahid zamanda bu kəsikdən nə qədər yük keçirdiyini hesablayır.

Metal naqildə, xüsusən də bu şəkildə, "mənfi”dən "müsbət”ə qədər istiqamətə hərəkət edən düzülmüş elektronların sayı sayılır. Şərti yoxlama məntəqəmizə müəyyən bir müddətdə nə qədər çox elektron keçərsə, deməli, hərəkətin intensivliyi nə qədər yüksək olarsa, cərəyan şiddəti də bir o qədər yüksək olar (*şəkil. 3.5*).



Şək. 3.5.Cərəyan şiddətinin ölçülməsi

Elektrik cərəyanını (ümumiyyətlə I hərfi ilə işarələnir) qiymətləndirmək üçün amper ölçü vahidindən (A) istifadə olunur. Bu, naqilin en kəsiyindən 1 saniyə ərzində 1 kolon elektrik yükü (6.28-10 "elektron) keçərkən yaranan cərəyandır. Məsələn, 1 saniyədə 2 kulon yük keçərsə, cərəyan təbii olaraq ikiqat daha şiddətli olacaq, yəni 2 amperə bərabər, və əgər 1 kulon elektrik yükü naqilin en kəsiyindən 2 saniyədə keçərsə, cərəyan 0,5 Amper təşkil edəcək.

Elektrik cərəyanını kəmiyyətcə qymətləndirmək üçün amperdən istifadə olunur, adətən I hərifi ilə işarə olunur, qısaldılmış şəkildə A (böyük hərf, kulonun işarələnməsində olduğu kimi) hərfi ilə ifadə olunur. Əlbəttə, bir çoxları bu adın elektrik vahidi və maqnetizm arasındakı əlaqənin əsaslarını

dərindən bilən fransız professoru Andre-Marie Amper tərəfindən ölçü vahidinə verildiyini başa düşdülər. Cərəyanın ölçü vahidinin aydın görüntüsünü yaratmaq çətin deyil – naqilin en kəsiyindən 1 saniyə ərzində *1 kulon* yük (məsələn, $6x10^{18}$ elektron) keçirsə, onda bu naqildə cərəyan *1 amper* təşkil edəcək [35]. Əgər



Andre-Mari Amper (1775-1836)
(mənbə: http://knowledge.su/

1 saniyədə 2 kulon bizim keçid məntəqəmizdən k*eçərsə, cərəyan, müvafiq olaraq, 2 amperdir və 1 kulon 10 saniyə* ərzində keçid məntəqəsindən keçirsə, o zaman naqildəki cərəyan 0,1 amper olar. Bu arifmetikanı ümumiləşdirərək növbəti ifadəni yaza bilərik:

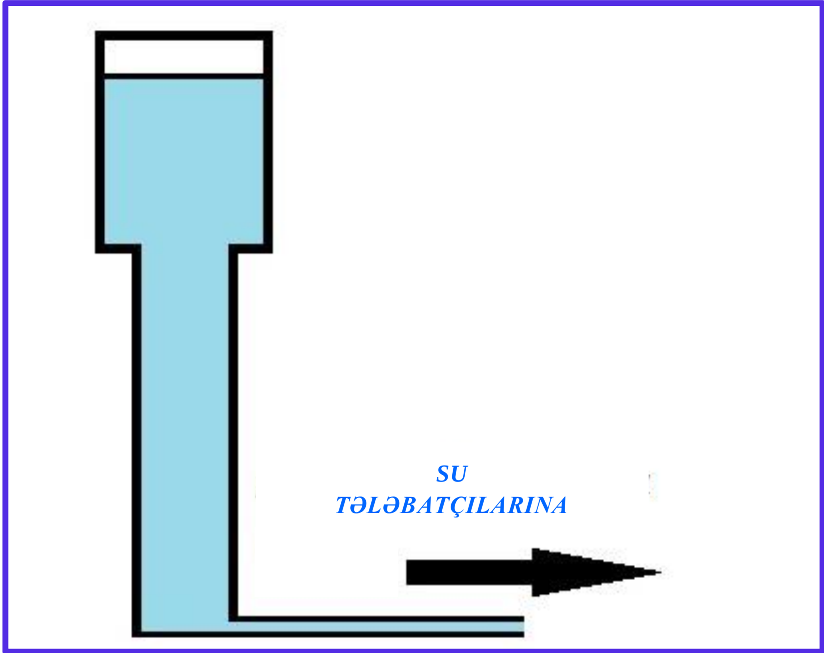
$$1A = 1K / 1\,s,$$

yəni "1 amper - 1 saniyədə 1 kulon yükün naqilin şərti en kəsiyindən keçirildiyi yüklərin
hərəkət intensivliyidir."

3.8. ELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİ VƏ ÖLÇÜ VAHİDİ

Elektrik hərəkət qüvvəsi (EHQ) nədir? Elektrik cərəyanı hər kəs üçün aydın deyil. Bir boşluq məsafəsi kimi. Ümumiyyətlə, o elm adamları tərəfindən də tamamilə başa düşülmür. Nikola Teslanın zamanında bir əsr qabaqladığı məşhur təcrübəsi, hətta bu gün də sirr olaraq qaldığını xatırlatmaq kifayətdir. Bu gün böyük sirlərin üstünü açmağı qarşımıza məqsəd kimi, qoymuruq, lakin EHQ-nin nə olduğunu başa düşməyə çalışaq.

EHQ-nin nə olduğunu başa düşmək üçün bənzər nümunəni nəzərdən keçirək. Təsəvvür edin ki, tamamilə su ilə dolu bir su qülləmiz var (*şəkil 3.6*). Bu qülləni batareya ilə müqayisə edin.



Şək. 3.6.Su qülləsinin sxemi

Su qülləsi dolu halında qüllənin dibinə maksimum təzyiq göstərir. Buna görə, qüllədəki su nə qədər az olarsa, kran suyundan axan təzyiq o qədər zəif olar. Kranı açsanız, su əvvəlcə güclü təzyiq altında tədricən axacaq və daha sonra təzyiq tamamilə zəifləyənə qədər daha yavaş axacaqdır. Burada gərginlik suyun altındakı təzyiqdir. Sıfır gərginlik səviyyəsi üçün qüllənin ən alt hissəsini götürürük.

Su qüləsindəki prosesler batareya ilə eynilik təşkil edir. Əvvəlcə, cərəyan mənbəyimizi (batareyanı) dövrəyə qoşaraq

onu qapayaq. Fərz edək ki, bu bir fənərdir. Gərginlik səviyyəsi kifayət qədər olduqda, batareyanın dolu halında, fənər parlaq şəkildə işıq saçır, sonra tədricən sönür.

Fərqli cərəyan mənbələrində EHQ-nin yaranma səbəbi müxtəlifdir. Baş vermə xarakteri ilə aşağıdakı növlər fərqləndirilir:

- Kimyəvi EHQ - batareya və akkumulyatorlarda kimyəvi reaksiyalar səbəbiylə meydana gəlir.
- Termo EHQ - fərqli temperaturda yerləşən qeyr – bircins keçiricilərin birləşdirilikdikdə baş verir.
- İnduksiya EHQ - fırlanan keçirici naqli maqnit sahəsinə yerləşdirildikdə generatorda meydana gəlir.
- Fotoelektrik EHQ - bu EHQ-nin yarnmasına xarici və ya daxili fotoelektrik effekt fenomeninə kömək edir.
- Piezoelektrik EHQ - EHQ maddələrin uzandığı və ya sıxıldığı zaman meydana gəlir.

Bu paraqrafda biz EHQ-ni sadə formada nəzərdən keçirdik. Gördüyünüz kimi, EHQ, dövrədəki elektrik cərəyanının axınını dəstəkləyən elektrik təbiətli olmayan bir qüvvədir, E hərifi ilə işarələnir. Başqa sözlə, EHQ skalyar fiziki kəmiyyət olaraq dəyişən və sabit cərəyan dövrələrində təsir edərək kənar (qeyri – elektrik təbiətli) qüvvələrin işini xarakterizə edir. EHQ daha dərindən mənimsəmək üçün digər texniki ədəbiyyata müraciət etmək lazımdır.

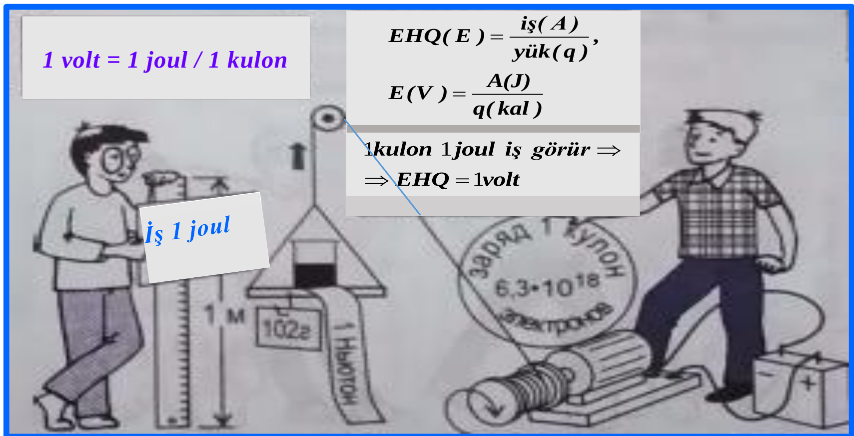
Lakin, təzyiqin tükənməməsinə necə əmin olmaq olar? Başqa sözlə, qüllədə sabit bir su səviyyəsini və cərəyan mənbəyinin qütblərində necə saxlamaq lazımdır - sabit potensial fərqi. Qüllənin nümunəsindən sonra EMQ, qülləyə yeni su axını təmin edən nasos kimi görünür.

Qeyd edək ki, EHQ elektrik generatorlarının ən vacib xarakteristikasıdır. Elektrik hərəkət qüvvəsi, cərəyan gücü kimi, nyutonla ölçülən bizə məlum olan fiziki kəmiyyət “qüvvə" nin bir dəyişən forması deyildir. Lakin, "cərəyanın qüvvəsi" söz birləşməsi ümumiyyətlə nadir hallarda isifadə olunur. Lakin

EHQ dolayı yolla olsa da, yenə də qüvvə mənasını daşıyır, məsələn, elektronun qoparılması qüvvəsi və s.

SI sistemində EHQ-nin ölçü vahidi qismində volt (V) qəbul olunur. 1 volta EHQ-nə malik generator elektrik dövrəsi üzrə 1 kulon yükü hərərkət etdirərək 1 joul işini yerinə yetirməyə qadirdir *(şəkil 3.7)*. Əgər generator 1 kulon yükü dövrə boyunca hərəkət etdirərək 5 joul iş görərsə, onda generator 5 V EHQ hərəkət edərək generatordan 5 dəfə çox enerji ehtiyyatı əldə edir.Bir daha qeyd edək ki, EHQ, bütün dövrə üzrə 1 kulon yükün işgörmə qabiliyyətidir. Qısa formada: 1 V = 1 J / 1 K.

Buna görə, əgər 1 J iş elektriklə yerinə yetirilirsə, lakin 1 kulon deyil 2 kulon yük icra olunursa, onda cərəyan yaradan generator 0,5 V EHQ malik olur.



Şək. 3.7. Gərginliyin izahına aid

EHQ-nin özünün və onun ölçü vahidi voltun tərifində elektronların əvəzinə sərbəst yüklər qeyd olunur - bu həm sərbəst elektronların, həm də sərbəst ionların - müsbət və mənfinin - dövrədə hərəkət edə biləcəyini xatırladır. Volt adı, italyan fiziki və fizioloq Alessandro Voltun şərəfinə adlandırılmışdır [36]. Volt ilk kimyəvi EHQ generatorunu

yaratmışdır və bu da elektrik enerjisini öyrənmək üçün yeni imkanlar açmışdır.

Müasir dövrümüzdə EHQ generatorun hazırlanması mərhələsində artıq məlum olur, bir qayda olaraq, onun gövdəsində və texniki pasportunda göstərilir.



Alessandro Volt (1745-1827)
(mənbə: http://knowledge.su/

3.9. ELEKTRİK GƏRGİNLİYİ VƏ ÖLÇÜ VAHİDİ

Elektrik gərginliyi dedikdə elektrik sahəsinin 1 K (bir kulon) yükü keçiricinin bir nöqtəsindən digərinə yerini dəyişmək üçün gördüyü iş başa düşülür.

Bütün maddələr müsbət yüklü bir nüvə olan atomlardan ibarətdir ki, bunların ətrafında kiçik mənfi elektronlar böyük sürətlə fırlanır. Ümumi vəziyyətdə, atomlar neytraldır, çünki elektronların sayı nüvədəki protonların sayı ilə üst-üstə düşür.

Eyni zamanda, atomlardan müəyyən sayda elektron götürülərsə, onlar eyni sayda sayda elektronu cəlb etməyə meyl edərlər və ətraflarında müsbət sahə formalaşdırılar. Əgər əlavə elektron daxil etsəniz, onda onların sayı izafi olacaq və atom ətrafı mənfi sahə yaranacaqdır.

Potensialları fərqli yüklər olan keçiriciləri birləşdirsək, elektrik cərəyanı meydana çıxacaq - potensial fərqi aradan qaldırmağa çalışan yük daşıyıcılarının istiqamətli hərəkəti. Yüklü zərrəciklərin keçirici boyunca hərəkət etməsi üçün elektrik sahə qüvvəsi elektrik gərginliyi anlayışı ilə xarakterizə olunan işləri görür.

Elektrik gərginliyini qiymətləndirmək üçün EHQ-nin ölçü vahidi ilə eynilik təşkil edən voltdan istifadə olunur.

Bir halvanik element və ardıcıl 3 lampa qoşulmuş sxemə baxaq. “Mənfi”dən hərəkət başlayan elektronlar ardıcıl olaraq hər üç lampadan keçirərək batareyanın “müsbət”ə çatır. Hesab edəcəyik ki, lampalartın hər birinin teli 5 om müqavimətə bərabərdir. EHQ-ni ölçmək üçün voltmetrdən istifadə olunur. Cihaz, gözləndiyi kimi 1.5 V (batareyanın) EHQ-ni göstərəcək.

İndi voltmetri ardıcıl olaraq lampalara qoşsaq, onda hər üç lampa üzrə eyni olan 0,5 V göstərəcəkdir. Bu, generatorun dövrə boyunca elektronları hərəkət etdirərəkən səylərini üç eyni enerji istehlakçısı arasında bərabər payladığını göstərir. Hər üç istehlakçı eyni müqavimətə malikdir - 5 Om.

Bir sözlə, elektrik dövrəsinin hər hansı hissəsindəki gərginlik bu hissəyə düşən EHQ-nin hissəsidir. Və ya, eyni ilə, voltla gərginlik, bu 1 kulon yük keçərkən dövrənin hissəsində yerinə yetirilən joul ilə ölçülən işdir.

3.10. İŞ VƏ ENERJİNİN ÖLÇÜ VAHİDİ

İş qüvvənin təsir istiqamətində qət edilən yolun bu qüvvəyə hasilinə bərabərdir. SI sistemindəki iş vahidi - joul (J) - enerji çevrilmələri sahəsində çox şeyə aydınlıq gətirən İngilis fiziki Ceyms Prescott Joulun (1818-1889) adını daşıyır. Bu, bir nyuton (1N) qüvvənin bir metr (1 m) yolda, yəni 1 J = 1 Nx1 m yolda gördüyü işə uyğundur. İki kiloqram (təxminən 20 N) şəkər paketini 1 metr qaldırmaq üçün təxminən 20 joul iş görmək lazımdır.

Bundan əlavə qeyd etmək lazımdır ki, joul vasitəsilə həm də enerji ölçülür. Bu anlayışın qəti, dəqiq izahını tapmağa çalışaraq yenidən ensiklopedik lüğətə müraciət edərək enerjinin "... maddənin hərəkət ölçüsü", "... maddənin müxtəlif hərəkət formalarının ümumi kəmiyyət ölçüsü", "... müxtəlif hərəkət formaları və qarşılıqlı əlaqə ölçüsü” və s. Bu dərin, fəlsəfi

təriflərə əlavə edə bilərik ki, materyaya bu barədə biliklərimizdən asılı olmayaraq bütün mövcud reallıq, dünyamızda olan hər şey aiddir. Bu halda hərəkət də çox geniş bir anlayışdır, materiya ilə əlaqəli baş verən hər şeyi özündə birləşdirir

Uşaq sürüşkəndə heç bir səy sərf etmədən dağdan enir - bu cazibə qüvvəsinin enerjisinin işidir, Yer sərnişinlə birlikdə sürüşkəni aşağıya çəkir və buna görə də təpənin yamacında hərəkət edirlər. Hərəkət edən elektron, öz enerjisinin bir hissəsini naqilə verərək onu qızdırır. Yanacaq yandıqda molekullar əvvəlkindən daha kiçik bir enerji ehtiyatı ilə meydana çıxır və sərbəstləşən enerji istiyə çevrilir.

Ciddi tənqidçilərdən qorxmsaq, onda enerjinin pula bənzədiyini deyə bilərik: onu cibinizdə saxlamaq olar; bir mağazada armuda , idman ayyaqabısına və ya torta çevrilə bilər; kassirə sərf etdiyi vaxt və enerjiyə görə əmək haqqı ödənildikdə sizə qayıda bilər.

Enerji ehtiyatları, onun istehlakı və ya artımı, bir növdən digərinə keçid zamanı kəmiyyət nisbətləri, hər hansı bir işə enerji xərcləri - bütün bunlar işin özü kimi joulla ölçülür.

3.11. GÜC VƏ ONUN ÖLÇÜ VAHİDİ

Əksər hallarda yalnız işin görüldüyü deyil, eləcə də görülən işin nə qədər vaxt sərf olunduğunu bilmək çox vacibdir – divarın bir saatda rənglənməsi bir iş, bir həftə ərzində tamamlanması başqa bir işdir. İşin nə qədər intensiv şəkildə aparıldığını göstərmək üçün gücdən istifadə olunur və adətən P hərfi ilə işarə olunur. Güc vahidi - Vatt (W), 1 saniyə ərzində 1 joulun yerinə yetirdiyi işə uyğundur.

Həyatdan nümunəyə müarciət edək: Fərz edək ki, bitkiləri suvarmaq üçün quyudan müəyyən həcmdə su götürmək tələb olunur, sizin iki seçiminiz var – vedrə və ya nasos vasitəsilə. Yada salaq ki, hər iki halda sərf olunan mexaniki enerji eynidir.

Aydındıdır ki, hamınız nasosa üstünlük verəcəksiniz. Belə ki, nasos bu işi daha cəld görəcəkdir. Bu işin cəldliyini xarakterizə edən fiziki kəmiyyət güc adlandırılır. Güc, istiqaməti olmadığına görə skalyar kəmiyyət hesab olunur.

Eyni şey enerji istehlakçılarını qiymətləndirərkən nəzərə alınmalıdır. Məsələn, bir işıq lampasında işləyən cərəyan 100 joul enerjini işığa çevirirsə, lampanının parlaqlığını təyin edə bilməzsiniz. Bunu qiymətləndirmək üçün eyni suala cavab verməlisiniz: "Nə qədər vaxta?", Yəni bu işin nə qədər davam etdiyini bilməlisiniz.

SI sistemində güc vahidi (W), 1 saniyədə görülən 1 joul işidir, bunu qısa şəkildə yazmaq olar: 1 W = 1 J / 1 s. Bu iş 1 saniyədə yerinə yetirilirsə, onda güc 5 vatt, 5 saniyədə isə iş daha ləng - 0,2 vatt gücə malikdir. Və 1 joul iş 0,1 saniyədə yerinə yetirilirsə, güc 10 vat olacaqdır. Bir sözlə, hansı işin görüldüyünü və nə qədər müddətə icra olduğunu bilirsinizsə, gücü asanlıqla hesablaya bilərsiniz. Gücün ölçü vahidi buxar mühərriklərinin ixtiraçısı Ceyms Vattın (1736-1819 şərəfinə, ingilis dilində soyadının ilk hərifi W ilə işarə olunur.

Vatt gücünün vahidini göstərən bir neçə nümunəyə baxaq: Akvaruma hava vuran nasos 5 saniyədə 80 joul iş görürüsə, onda 1 saniyədə 16 joul güc sərf edir və nasosun gücü 16 vatt (80 J: 5 s = 16 J / s = 16 W) təşkil edir. Eyni şəkildə, istehsal və ya istehlak olunan enerjini hesablamaq olar. Elektrik kamini dəqiqədə 18000 joul istilik verirsə, onda kaminin istilik gücü 300 vattdır (18,000 J: 60 s = 300 J / s = = 300 vat).

Bəzən iş və ya enerji joul ilə deyil, vatt-saniyə və ya kilovat- saatla göstərilir. Elektrik şirkətinizdən başqa bir hesab aldığınız zaman, istehlak etdiyiniz elektrikin joulla göstərilmədiyini, ancaq indiyə qədər bizə məlum olmayan - kilovat saat vahidlərində olduğunu görürsünüz. Ancaq bu yeni bir enerji vahidi deyil, artıq tanış olan joulun fərqli bir ifadəsidir. Hər hansı bir cihaz 1 W gücündə 1 s işləyirsə, 1 s-də 1 J iş görür. Bu, 1 J = 1 W 1 s və ya bəzən yazıldığı kimi 1 J = 1 W.s

deməkdir. . Xatırladaq ki, 1000 Vt = 1 kVt (kilovat) və 3600 s = 1 saat. Bundan məlum olur ki, 1 kVt = 1000 Vt gücündə 3,600 s = 1 saat üçün 3 600 000 W / s enerji sərf olunur. Hesablamaların sadələşdirildiyi hallarda joul yerinə bir kilovatlıq bir vahid istifadə olunur. Beləliklə, deyin ki, televizorunuz tərəfindən şəbəkədən istehlak olunan gücün 200 Vt (0.2 kVt) olduğu bilinirsə, onda 10 saatdan sonra şəbəkədən 2 kVt saat elektrik enerjisi alacağını çox asanlıqla hesablamaq olar.

3.12. ELEKTRİK MÜQVİMƏTİ VƏ ÖLÇÜ VAHİDİ. OM QANUNU

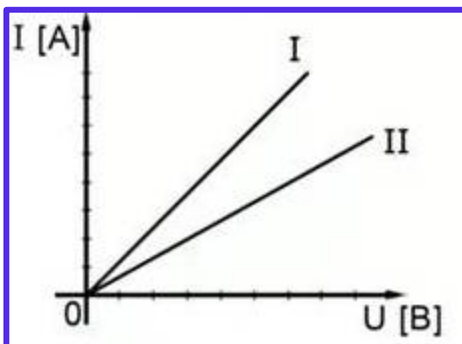
İlk növbədə qısa olaraq elektrik müqaviməti kimi fiziki bir kəmiyyətə necə gəldiyimizi aydınlaşdıraq. Elektrostatikanın prinsiplərini tədqiq edərkən, əvvəlcədən deyilirdi ki, müxtəlif maddələr fərqli keçiricilik xüsusiyyətlərinə malikdir, yəni sərbəst yüklənmiş hissəciklərin ötürülməsi: metalların yaxşı keçiriciliyi var, buna görə də onlara keçiricilər deyilir, ağac və plastiklər çox zəifdir, buna görə də keçiricilər deyildir (dielektriklər). Bu cür xüsusiyyətlər maddənin molekulyar quruluşunun xüsusiyyətləri ilə izah olunur.



Georg Om (1789-1854) (mənbə: http://knowledge.su/)

Maddənin keçiriciliyinin xüsusiyyətlərini öyrənmək üçün ilk təcrübələr bir neçə elm adamı tərəfindən aparılıb, lakin alman alimi Georg Omun təcrübələri tarixə düşübdür. Om təcrübələri aşağıdakı kimi aparmışdır. Bir cərəyan

mənbəyindən, cərəyan gücünü qeyd edə biləcək cihazdan və müxtəlif keçiricilərdən istifadə etmişdir. Yığılmış elektrik dövrəsinə müxtəlif keçiriciləri qoşaraq ümumi tendensiyanı müşahidə etmişdir: dövrədə artan gərginliklə, cərəyan gücü də artdı. Bundan əlavə, Om çox vacib bir fenomeni müşahidə etdi: müxtəlif keçiricilər qoşulduqda, gərginliyin artması ilə cərəyan gücünün artmasının asılılığı müxtəlif yollarla özünü göstərdi. Qrafiki olaraq bu cür asılılıqlar *şəkil 3.8*-da olduğu kimi təsvir edilə bilər.



Şək. 3.8. Müxtəlif keçiricilikli naqillər üçün Om təcürbəsinin (İ=f(U)) təsviri

Koordinat sistemində iki qrafik qurulur ki, bu da müxtəlif dövrələrdə cərəyan gücünün gərginlikdən asılı olaraq müxtəlif sürətlərlə arta biləcəyini göstərir.

Təcrübələr nəticəsində Georg Om, müxtəlif keçiricilərin fərqli keçiricilik xüsusiyyətlərinə malik olduğunu müəyyən etdi. Buna görə elektrik müqaviməti anlayışı tətbiq edildi.

Beləliklə, növbəti tərifi ifadə edə bilərik: keçiricinin ondan axan elektrik cərəyanına təsir göstərmə xüsusiyyətini xarakterizə edən fiziki kəmiyyət elektrik müqaviməti adlanır.

Məşhur bir zarafat, optimist və pessimistin yarım stəkan suya necə reaksiya verdiyini izah edir. Pessimist: "İşlər pisdir, yarım stakan su istifadə olundu." Optimist: "Hələ yarım stəkan su var! ” Bir elektrik dövrəsinin iki xarakteristikası təxminən eyni şəkildə qiymətləndirilir: keçiricilik, dövrənin cərəyan axınına nə qədər töhfə verdiyini göstərir və müqavimət, eyni dövrə nə qədər mane olduğunu, cərəyana müqaviməti göstərir.

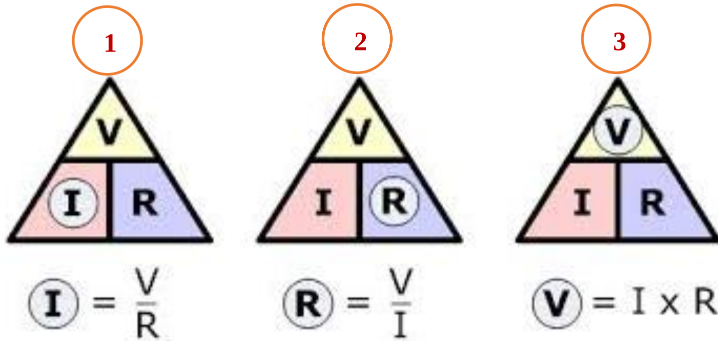
Elektrik müqaviməti bütün dövrə və bütövlükdə onun ayrı-ayrı hissələrinə xarakterikdir. Müqavimət bir çox müxtəlif mürəkkəb prosesləri nəzərə alır. Məsələn, elektronların bəzi atomların xarici orbitlərindən çıxması, atom və molekulların daxili istilik titrəmələri, maddəni təşkil edən atomların mürəkkəbliyi, bu maddədə hər hansı bir çirklənmənin olması. Bütün bu amilləri yekunlaşdıraraq "müqavimət" xarakteristikası generatorun elektrik dövrəsinin müəyyən bir hissəsində və ya bütün dövrədə cərəyan yaratmağın nə qədər asan olduğunu göstərir.

Tezliklə görəcəyimiz kimi, məntiqə görə, hər hansı bir keçiricinin müqaviməti nə qədər kiçik olarsa, generatorda cərəyan yaratmaq o qədər asan olar, bu cərəyan daha böyük olacaq.

Müqavimət vahidi qismində Om qəbul olunur. Bu, xüsusən elektrik sxemlərini tədqiq edən Alman fiziki Qeorg Simon Omun soyadıdır. Gördüyünüz kimi, bu vahidin tam və qısaldılmış orfoqrafiyası eynidır, ancaq qısaldılmış ad, ənənəyə uyğun olaraq baş hərf ilə yazılır. Güc, cərəyan, EHQ vahidləri kimi və başqaları, müqavimət vahidi də bir törəmədir - SI sisteminin digər iki vahidindən alınır. 1 volt EHQ-nin təsiri altında keçirici naqildə 1 amper cərəyan yaradır. EHQ-nin təsirindən dövrədə, 0,5 A cərəyan axarsa, onda bu dövrənin müqaviməti 2 Om təşkil edəcək. Əgər eyni EHQ naqildə cərəyan 10 A cərəyan yaradarsa, onda naqilin müqaviməti 0,1 Om təşkil edir.

1 Om müqaviməti, yəni canlı şəklində təsəvvür etmək asandır - belə bir müqavimətin diametri 0,1 mm və uzunluğu 45 sm olan mis teldən ibarət bir parçadır. Fənər lampasının teli, ümumiyyətlə bir neçə on om, ev elektrik lampasının müqaviməti bir neçə yüz om müqavimətə malikdir. Eelektron sxemlərin cərəyan keçirici hissələri minlərlə və milyonlarla om müqavimətə malikdir. Dielektriklərdə də müəyyən miqdarda sərbəst yük mövcud olur, lakin onlar o qədər kiçikdir ki, əksər

hallarda dielektrik müqaviməti sonsuz dərəcədə böyük sayıla bilər. Əgər belə bir təqribi qiymətləndirmə kifayət deyilsə, dielektrikin yüksək müqavimətini ölçə bilərsiniz. Bir plastik bilyard topunun müqviməti, məsələn, bir neçə milyard Om ola bilər.



Şək. 3.9. Om qanunu

Om qanunu, bu sadə dövrələr üçün EHQ E, müqavimət R, cərəyan I arasında asıllığı göstərən çox vacib qanundur (*şəkil 3.9*). Bu (1) ifadəni ilk dəfə 1826-ci ildə Qeorq Smon Om kəşf etdiyinı görə onun şərəfinə adlandırılmışdır. Qanunu növbəti şəkildə ifadə oluna bilər: keçiricidə cərəyən şiddəti onun uclarındakı gərginlik fərqi (potensiallar fərqi) ilə düz cərəyanın axdığı naqilin müqviməti iıə tərs mütənasibdir - E nə qərər böyükdürsə, I bir o qədər böyükdür, R nə qədər böyükdürsə, I də o qədər kiçikdir. Om qanununun əsas düsturundan (1) iki hesablama düsturu əldə etmək mümkündür - müqavimətin (R) hesablanması (2) və EHQ-nin hesablanması üçün (3). EHQ əvəzinə burada gərginliyik U iştirak edir. Bu, dövrənin baxılan hissəsinə təsir edən EHQ-nin bir hissəsidir. Baxılan halda Om qanunu, bu hissədəki gərginlik U, müqavimət I və cərəyan arasındakı əlaqəni göstərir. Məsələn, U = I • R və ya I= U: R.

3.13. ELEKTRİK EVİMİZDƏ

Elektrik, yaxınlıqdakı bir yarımstansiyadan yaşayış binasına daxil olur və böyük binalarda isə hər üç faz və ümumi məftildən (“0” faz) istifadə olunur. Çox da böyük olmayan evə 220 volt gərginlikli və üç fazdan biri, adətən deyildiyi kimi, neytral naqil birbaşa dirəkdən və ya dirəkdə yerləşdirilmiş transformatordan daxil olur.

Yarımstansiyadan, bütün ev və ya evlər qrupu üçün eyni olan paylayıcı lövhəyə gərginlik verilir. Bu lövhədən, gərginlik müxtəlif mənzillərə paylanır. Kommutasiya lövhəsində ümumi və qrup açarları, qəza avtomatları və bəzən ölçmə vasitələri quraşdırılır. Üç fazlı gərginlik böyük güclü istehlakçılara verilir, məsələn, liftlərin, nasosların, mərkəzi kondisionerin və s.

Elektrik enerjisinin əsas istehlakçıları ev təsərüffatları, o cümlədən yaşayış mənzilləri təşkil edir. Azərbaycanda təqribən bunların payına istehlakın 38 % düşür. Bu baxımdan mənzilləri keyfiyyətli elektrik enerjisi ilə təmin etmək üçün yüklərin təqribən bərabər paylanmasını təmin etmək üçün üç qrupa bölünürlər. Hər bir qrup ev panelindən üç fazlı lövhədən bir faz vasitəsilə elektrik alır, yəni 220 V. Adətən, üç girişli evdə hər bir faz gərginliyi bir girişi, altı girişli evdə isə iki girişi qidalandırır. Mənzillərə iki naqil qoşulur - faz və neytraıl, onlar elektrik sayğacı və bir neçə qoruyucu və ya elektrik açarı olan kiçik fərdi lövhə vasitəsilə mənzilə daxil olur. Böyük yaşayış massivləri özünün güclü yarımstansiyası vasitəsilə həyata keçirilir. Bu yarımstansiya kabel vasitəsilədaxil olan kifayət qədər yüksək üç fazlı gərginliyi istehlakçı üçün zəruri olan 220 V-a endirir və üç ayrı faz şəklində mənzillərə daxil olur.

Kiçik kənd və ya bağ evlərində bir fazlı gərginlik, yerüstü xətlər vasitəsilə olduqda adətən, dirəklərdən birində yerləşən yerli üç fazlı alçaldıcı transformatordan verilir.

Gərginliyin çevrilməsi ilə bağlı bütün əməliyyatlar, həmişə olduğu kimi, itkiləri azaltmaq və mənzillərin yükə artan

tələbatı şəraitində gərginliyin nəzərəçarpacaq dərəcədə meyletməsinə imkan verməmək istəyi ilə əlaqələndirilir. Tutaq ki, böyük bir yaşayış binası, məsələn, bir yaşayış binası, axşam saatlarında təxminən 200-300 kVt güc sərf edir. Bölgədəki evi 220 V yarımstansiyasından bəsləyən ümumi bir kabeldən 1000-1500 A cərəyan axacaq. Əgər yarımstansiyadan evə elektrik verilişini 660 V gərginliyindən istifadə etsək, yəni üç dəfə artırsaq, bu xəttdəki cərəyan 300-500 A qədər və buna uyğun olaraq, itki doqquz dəfə azalacaq.

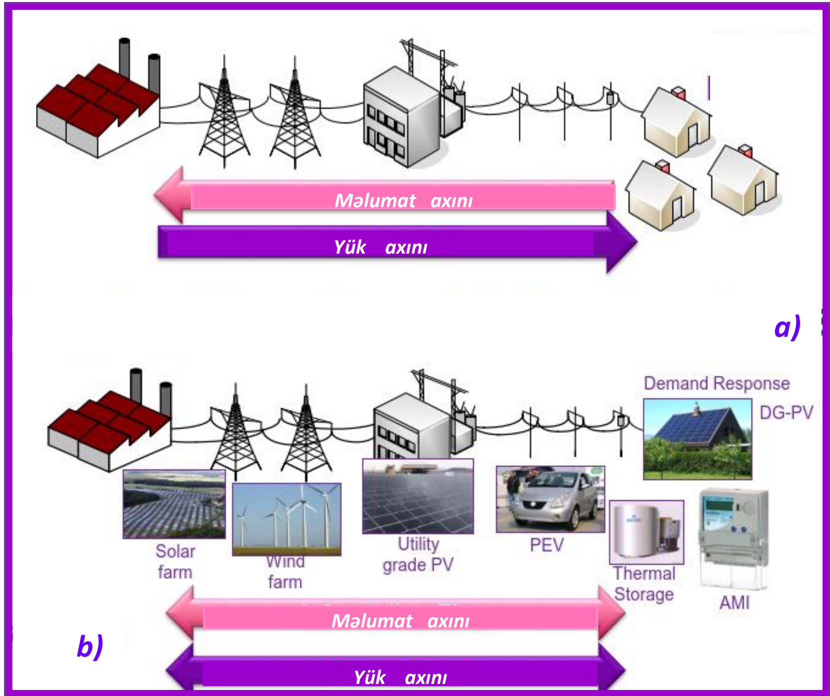
Müasir böyük evlərdə fərdi mənzil paneli artıq mənzildə deyil, digər mənzillərin panelləri ilə eyni yerdə, pilləkən boşluğunda yerləşdirilir. Burada, həmçinin hər bir mənzilin ölçü sayğacı və fərdi mühafisə sistemi (qoruyucular və ya avtomatik açar) quraşdırılır. Mənzidaxili elektrik təchizatı sxemində və ya istifadə olunan cihazlarda hər hansı problem olan hallarda, dərhal fərdi lövhədə quraşdırılımış açar vasitəsilə elektrik enerjisi verilişi dayandırılır.

Elektik enerjisi istehlakını həcmi sayğac vasitəsilə ölçülür. Bildiyiniz kimi, aktiv enerji (P) istehlakını təyin etmək üçün gərginliyini (U) və cərəyan şiddətini (I) ölçərək Om qanunundan (P = U • I) istifadə olunur.

Ümumiyyətlə, ənənəvi (*a*) və XXI əsrin elektrik təchizatı (*b*) konseptual olaraq *şəkil 3.10*-da verilmişdir. Göründüyü kimi bu iki konsepsiya əsasən fərq məlumat və enerji axınlarının istiqaməti ilə fərqləndirilir.

Paraqrafın məzmunun şaxələndirilməsi məqsədilə, mənzillərin daxili şəbəkəsi haqqında bir neçə qeydlər etmək lazımdır.Ötən əsrdə mənzil daxili şəbəkə adətən divar qatının səthində yerləşdirilirdi. Hazırda taxta evlərdə yanğın təhlükəsizliyi qaydalarına görə, daxili elektrik şəbəkəsi yenə də açıq formada quraşdırlır - dövrədə qısaqapanma zamanı söndürmək daha asan olurr. Digər növ, kərpic və panel evlərdə məftillər daxili, divarlarda və tavanda xüsusi boşluqlarda yerləşdirilir. Diametri 1,5-2 mm olan mis və ya alüminium naqil,

adətən çütləşdirilərək plixlorvinil (PVC) izolyasiyada yerləşdirlir.



Şək. 3.10. İstehlakçıların ənənəvi (a) və XXI əsrin enerji təchizatı sisteminin konsepsiyası (mənbə: Francisco M. Gonzalez-Longantt, UK)

Ev üçün elektrik cihazları müxtəlifliyi ilə diqqəti çəkir - istehsalçılar rəqabət aparır, alıcı üçün mübarizə aparır, ən cəlbedici dizaynı axtarır, istifadəçi üçün bəzi əlavə imkanlar təqdim etməyə çalışırlar. Ağlınızın gözü ilə elektrik köməkçilərinizin briqadasını nəzərdən keçirin və birincisi, bunların çox olduğunu və ikincisi, son illərdə bu cihazların imkanlarının və ən əsası etibarlılığının əhəmiyyətli dərəcədə

artdığına əmin olacaqsınız – uzun illər heç bir təmirə ehtiyac olmadan çalışırlar.

İlk növbədə, lampanın bağlandığı patrona diqqət yetirin və "plug-soket" sistemini istifadə edərək cihazları elektrik şəbəkəsinə bağlayın. Bütün bunlar, Edisonun dövründə yüz ildən çox əvvəl olduğu kimi demək olar ki, eynidir. Tozsoranlar elektrik mühərrikinə keçməklə dəyişməyib - xalçaları təmizləmək üçün ilk qurğular 150 il əvvəl ortaya çıxdı və nasosları əvvəlcə kiçik bir benzin mühərriki ilə hərəkətə gətirildi. Müasir elektrik süpürgələrinin geniş çeşidi, əvvəlki kimi, əsas vəzifənin fərqli şəkildə həll edilməsi ilə əlaqədardır - yaxşı filtrlərlə toz yığılması üç mikrondan artıq olmayan hissəciklərlə havanı atmağı bacarır. Bir çox elektrik süpürgəsi üçün, filtr özü toplanmış zibillərin qaldığı əvəzolunan bir çantadır. Çox vaxt çanta kağız və çox qatlıdır, kağızdakı ən kiçik məsamələr, havanın toplanan tozunu asanlıqla keçməsinə imkan yaradır və toz hissəciklərinin çantadan çıxmasına imkan verməyəcəkdir. Ancaq təəssüf ki, bu həmişə olmur və bəzi tozsoranlar hava axını ilə birlikdə otağa incə toz qaytarır.

Bu fəsildə kitaba yalnız sizə kömək edən bir neçə ev elektrik cihazını xatırlatmaq üçün daxil edilmişdir. Təəssüf ki, onlardan ikisi - elektrik soyuducu və elektrik kondisioneri barədə də qeydlər yoxdur. Bu cihazlarda, elektrik enerjisindən istifadə edərək bu kitab üçün çox mürəkkəb olan istilik prosesləri baş verir. Eyni zamanda, istilik çeviricilərinin köməyi ilə xüsusi maye maddə (adətən freon) soyudulur və soyuducuda və dondurucuda temperaturu (-18 ° C-ə) endirir. Təqribən eyni formada mənzilə daxil olan temperatur və rütubət kondisioner vasitəsilə azaldılır. Elektrik köməkçilərinizin demək olar ki, hamısı, xüsusən elektrik qızdırıcıları, lampaları və kiçik induksiyalı mühərrikləri bizə artıq tanış olan komponentləri özündə ehtiva edir.

HİSSƏ II

ENERJİ ISTEHSALI TEXNOLOJİYALARI

GİRİŞ

Bəşəriyyətin hazırki inkişaf mərhələsində çoxsaylı enerji istehsalı mənbələri mövcuddur. Onların fəaliyyət prinsipi, gücü və texniki xarakteristikası mənbənin praktiki təyinatından, yəni, istehsal gücündən, həcmindən və istehlakçıların fərdi xüsusiyyətlərindən asılı olaraq dəyişir. Məsələn, radioqəbuledicinin elektrik qidalanması üçün 2-3 Vt kifayət etdiyi halda, milyonlarla insanın yaşadığı şəhərin yalnız işıqlandırılması yüz minlərlə kilovatt elektrik gücü tələb edir. Bu mənada, mövcud şəraitdən çıxış edərək enerji istehsalı üçün bu və ya digər növ mənbələrdən istifadə olunur.

Enerji istehsalı mənbələrini şərti olaraq üç böyük qrupda sistemləşdirmək olar:

- sistem mənbələri
- avtonom mənbələr
- texnoloji mənbələr

Sistem əhəmiyyətli mənbələr - **ü**mumi təyinatlı stasionar elektrik stansiyaları bütün müasir elektroenergetikanın əsasını təşkil edir. Belə elektrik stansiyaların istehsal etdiyi elektrik enerjisinin standart parametrlərinin (əsasən,tezlik və gərginliyinin) təmin olunması məqsədilə vahid şəbəkədə birləşdirilməsi *elektroenergetik sistemi* formlaşdırır. Ümumi istifadəyə malik belə elektrik şəbəkəsində, yəni enerji sistemində fəaliyyət göstərən elektrik stansiyaları sistem elektrik

stansiyaları adlanır. Bu stansiyalarda enerji istehsal edən aqreqtın vahid gücü orta hesabla 3 - 1200 MVt həddində dəyişir. Elektrik enejisini uzaq məsafələrə ötrülməsi məqsədilə, 100 – 1200 kilovolt gərginlikli elektrk verilişi hava (bəzi hallarda kabel) xətlərindən istifadə olunur. Bununla yanaşı, elektrik enerjisinin uzaq məsafələrə ötrülməsi zamanı, xüsusilə müxtəlif ölkələrin elektroenergetika sistemləri arasında elektrik enerjisi mübadiləsini həyata keçirmək üçün, son illərdə yüksək gərginlikli sabit cərəyan qurğularından da geniş istifadə olunur.

Enerji istehsalı texnolojiyalarına, istifadə etdikləri ilkin enerji resurlarına və onların isitifadə sxemlərinə görə növbəti tip stansiyalar fərləndirilə bilər:

Ənənəvi (bərpaolunmayan) enerji istehsalı texnolojiyaları:

- Qazan - turbin elektrik stansiyaları (QTES);
  - ✓ kondensasiya tipli və ya dövlət rayon elektrik stansiyaları (KES və ya DRES);
  - ✓ istilik elektrik mərkəzləri (İEM);
- Qaz-turbin qurğulu elektrik stansiyaları (QTQES);
- Buxar-qaz qurğulu (həmdövrəli) elektrik stansiyaları (BQQES);
- Porşenli mühərrik əsaslı (dizel) elektrik stansiyaları (DES);
- atom elektrik stansiyaları (AES);

Qeyr-ənənəvi (bərpaolunan) enerji istehsalı texnolojiyaları:

- hidroelektrik (su elektrik) stansiyalar (HES);
- günəş elektrik stansiyalrı (GES);
- külək elektrik stansiyaları (KES);
- geotermal istilik elektrik stansiyaları (GtİES) və s.

Bunlarla yanaşı, digər növ elektrik stansiyalarnı da qeyd etmək olar: daxili yanma mühərrikli elektrik stansiyalar (DYMES); bioenerji elektrik stansiyaları (BioES); qabarma

elektrik stansiyaları (QES); hidroakkumulyasiya elektrik stansiyaları (HAES) və s.

Qeyd edək ki, bərpaolunan enerji mənbələrindən istifadə edərək enerji istehsal edən stansiyaların elektrik enerjisinin istehsalındakı payı hələ ki, arzu olunan səviyyədə deyil - Beynəlxalq Bərpaolunan Enerji Agentliyinin (İRENA) məlumatına əsasən, BEM-nin elektrik enerjisi istehsalında payı 2020-cu ilin əvvəlinə orta hesabla 27% təşkil etmişdir.

Avtonom enerji mənbələri **- b**u qrupa az enerji tələb edən kiçik mühərrikli kommunikasiya, nəqliyyat, məişət, təsərrüfat, tədqiqat və laboratoriya profilli qurğuların qidalanması üçün nəzərdə tutulan enerji mənbələri daxildir. Bu cür enerji istehlakçılarına aşağıdakıları aid etmək olar: radio-televiziya aparatları, kompüterlər, əlaqə vasistələri, meteoroloji və seysmoloji stansiyalar, nəzarət-ölçü qurğuları, tibbi texnika, mürəkkəb oyuncaqlar və s.

Avtonom enerji mənbələrinə aşağıdakılar daxildir:

- dizel və ya benzinlə işləyən elektrik stansiyaları;
- məişətdə "batareya" və ya "daş" adlandırılan quru qalvonik elementlər;
- elektroakkumulyatorlar;
- günəş elektrik stansiyaları;
- külək elektrik stansiyaları;
- termoelektrik generatorlar (TEG);
- istilik elementləri və s.

Bu mənbələrin müxtəlif formaları və onların hər birinin praktiki əhəmiyyəti dayanmadan inkişaf etməkdədir. Beynəlxalq Energetika Agentliyinin (İEA) məlumatına əsasən, müasir dövrdə elektrik istehlakı balansında avtonom mənbələrdən istifadə olunma 5 % təşkil edir [8].

Bu cür elektrik mənbələrinin sayı milyard vahidlərlə ölçülür və onların ümüumi gücü yüz milyon kilovatdan artıqdır. Avtonom elektrik mənbələri o qədər intensiv şəkildə inkişaf edir ki, yaxın onillikdə bu mənbələrin enerji sistemindəki payının bir

neçə dəfə artması proqnozlaşla bilər. Bu, həm avtonom elektrik mənbələrinə tələbatın artması, həm də bu sistemlə bağlı yeni konsepsiyanın meydana çıxması nəticəsində baş verəcək. Belə mənbələr texniki baxımdan sürətlə təkmilləşir. Onların vahid gücü və enerji tutumu artır, əldə edilən enerjinin qiyməti isə sürətlə azalır. Bəzi hallarda avtonom enerji mənbələrindən istifadə olunması ümumi enerji şəbəkəsindən alınan elektrik enerjisindən istifadə etməkdən daha səmərəli və təhlükəsiz olur.

Elektrik enerjisinin texnoloji mənbələri - **b**ura maşın aqreqatının və texnoloji prosesin ayrılmaz hissəsi olan elektrik mənbələri daxildir. Məsələn, nəqliyyat vasitələrinin (təyyarənin, dizel qatarının, avtomobilin, gəmilərin və s.) elektrik generatorları, kosmik aparatların elektrik generatorları, hərəkət edən elektromexanizmlərin mənbələri (qaldırıcı kranlar, su nasosları, qaynaq aqreqatları, elektrokarlar və s.), hərbi texnikanın enerji mənbəyi və s. Belə elektrik mənbələrinin sayı milyadlarla ölçülür. Bu növ elektrik mənbələrinin funksiyaları texnoloji aqreqatların çərçivəsindən kənara çıxmır. Lakin, fövqəladə hallarda (təbii fəlakətlət, müharibə, pandemiya və s.) mülki ehtiyacların ödənilməsi – xəstəxanaların, yaşayış yerlərinin, çörəkxanaların, yeməkxanaların, sənaye tipli soyuducuların, radiostansiyaların, su təhcizatı stansiyalarının, su təmizləyici və s. qurğuların fasiləsiz işinin təmin edilməsi üçün texnoloji elektrik mənbələrindən geniş şəkildə istifadə olunur. Təsadüfi deyil ki, mülki müdafiə və fövqəladə hallar normalarına əsasən bu mənbələr müvafiq ərazinin ehtiyat elektrik mənbələri siyahısına daxil edilir.

Kitabın praktiki təyinatına uyğun olaraq, enerji istehsalı texnologiyalarının sadələşdirilmiş şəkildə təqdim olunduğunu nəzərə alaraq, daha geniş məlumatlar əldə etmək üçün digər texniki ədəbiyyatlara müraciət olunması zəruridir.

FƏSİL IV

ƏNƏNƏVİ (BƏRPA OLUNMAYAN) ENERJİ İSTEHSALI TEXNOLOJİYALARI

4.1. ƏNƏNƏVİ (BƏRPA OLUNMAYAN) ENERJİ MƏNBƏLƏRİ TARİXİNƏ QISA SƏYAHƏT

Buxar maşınlarının tarixi İngilis dəmirçisi Thomas Nyukomen və dostu kanalizasiya ustası Jon Koulinin 1705-ci ildə mədənlərdən suyu çəkmək üçün hazırladığı buxar nasosunun icad olunmasından başalayır. Sonradan, 1781-ci ildə İngilis ixtiraçısı və tədqiqatçısı Jeyms Uatt tərəfindən ixtira edilən və onun şərəfinnə Uatt buxar maşını adlandırılan qurğu *birinci sənaye inqilabını* şərtləndirmişdir. Bunun əsasında İngiltərə sənayenin inkişaf tempinə görə dünyada növbəti 200 il ərzində birinci yerdə olmuşdur. Doğrudur, daha dəqiq baxsaq, ilk dəfə buxarın gücündən istifadə edərək mexaniki işlərin görülməsi ilə bağlı məlumatlar 150 il b.e.ə məşhur Aleksandriyada (Misir) fəaliyyət göstərən dini, tədqiqat, təhsil və mədəniyyət müzeyində (yunan dilində "museyon" adlandırılırdı) çalışan Ktezibiem və Filamonun əsərlərində rast gəlinir. Buxar maşını orta hesabla 2 min il əvvəl Aleksandriyada doğulmuş yunan əsilli riyaziyyatçı - ixtiraçı Heron Aleksandrinus eolipilin (qədim yunanlara məlum olan buxar maşının ilk növü – Heron maşını – yunan dilindən "külək Allahı Eola şarı" kimi tərcümə olunur) icad etdiyi zaman başladığı məlum olur (*şəkil. 4.1*) [37].

Bəs ən qədim buxar maşını olan bu eolipil nə idi? Bu, öz oxu ətrafında dönə bilən bir kürə idi. Kürə, təzyiq altında

soplodan daxil olan buxarın təsirindən hərəkət edirdi. Soplolar biri-birindən əks istiqamətlərdə yerləşdirildiyinə görə firlanma momenti yaradırdılar. Məhz bu fırlanma momenti küreni öz oxu ətrafında fırlanmağa məcbur edirdi.

Buxar, şəkildən göründüyü kimi yarımkürənin içərisində onun altındakı yanacağın istiliyi ilə yaradılırdı. Heron buxar maşınının müasir prototipi dəqiqədə 1500 dövrə qədər sürətlənməyə qadirdir.



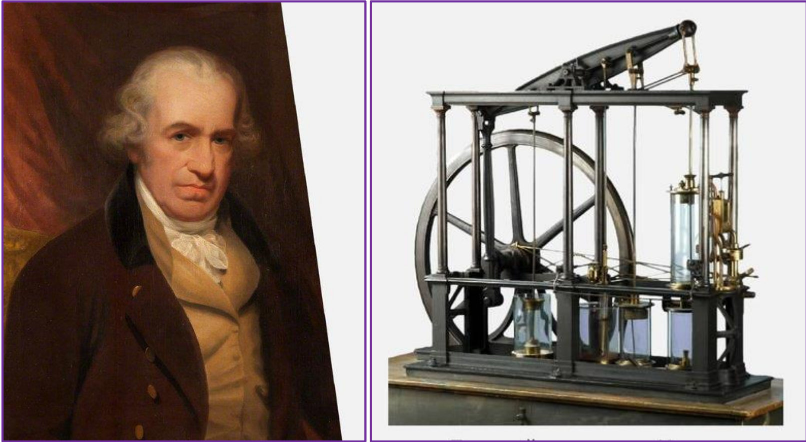

Şək. 4.1. Heron Eolipili – Ən qədim buxar maşını [37].

Qeyd edək ki, bu ixtira filosof, astronom və ixtiraçı Taki Al-Din tərəfindən buxar maşını yenidən ixtira olunan tarixə, 1577-ci ilə qədər tamamilə unudulmuşdur.

İxtiraçılar buxar maşınını israrla inkişaf etdirərək tezliklə ən geniş tətbiq olunan universal bir buxar maşınına çevirdilər. Təbii ki, elektrik generatorları üçün bir hərəkətverici intiqal zəruriyyəti yarandıqda, Uatt buxar mühərriyi dərhal tətbiq olundu. 1857-ci ildə mayaklarda güclü lampaları işıqlandırmaq

üçün 10 at gücü (7.36 kVt) olan kiçik bir buxar mühərriki ilə birlikdə işləyən ilk real "Alliance" elektrik generatoru fəaliyyət göstərməyə başladı. Bir neçə il ərzində yüzdən çox belə stansiya tikildi və ümumilikdə müştərək buxar mühərriyi olan elektrik generatorları (onların gücü yüz kilovatta çatdı) elektrik enerjisinin əsas istehsalçısına çevirildi.

Lakin, 1763-cü ildən başlayaraq Uatt Nyukomen buxar nasosunu təkmilləşdirərək 1776-cı ildə effektivliyi iki dəfə yüksək olan buxar maşınının patentini aldı (*şəkil 4.2*) [38]. Eyni zamanda, Uatt 6 il sonra iki təsirli buxar mühərriyinin başqa bir



Şək. 4.2.Jeyms Uatt və onun buxar maşını. mənbə [38].

növünü - buxar turbininin (Latınca "turbo" - "sürətli dönmə, vorteks") (artıq atmosfer təzyiqindən istifadə olunmayan – yalnız buxar silindirdəki porşeni hərəkətə gətirirdi) yeni növünü ixtira etdi. Hazırda, əksər hallarda turbin və generator güclü bir vahid kompleks hesab olunur, bunlara bir sözlə turbogenerator deyilir və qurğunun layihələndirilməsi eyni zamanda işlənilir.

Təqribən 100 il əvvəl buxar turbini öz əhəmiyyətini sübut etdi və o vaxtdan bəri elektrik stansiyalarında güclü elektrik generatorları üçün əsas hərəktətverici intiqal rolunu oynadı. Və

bir neçə onillikdən sonra elektrik stansiyalarında digər güclü qaz turbinlərinin tətbiqinə başlanıldı. Yeri gəlmişkən qeyd edək ki, hazırda Dünya üzrə istehsal olunan elektrik enerjisninin təqribən 70 %-i istilik elektrik stansiyalarında istehsal olunur [8].

Ənənəvi enerji istehsalı texnologiyalarının əsas istifadə olunan növləri növbəti paraqraflarda nəzərdən keçirilir.

4.2. İSTİLİK ELEKTRİK STANSİYALARI

Elektrik stansiyası – təbii enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsinə xidmət edən energetik qurğudur. Elektrik stansiyasının tipi hər şeydən əvvəl istifadə olunan təbii enerjinin növü ilə təyin olunur. Hazırda, istilik elektrik stansiyaları dünya ölkələrinin çoxunda istifadə olunan elektrik enerjisinin əsas mənbəyini təşkil etməkdədir. Dünyada istehsal olunan elektrik enerjisinin yarısından çoxu bu stansiyaların payına düşür. Eyni zamanda, "Enerdata" informasiya agentliyinin məlumatına əsasən, yalnız 10 ölkə istisna təşkil edir. O cümlədən, Fransada enerji istehsalının əsas hissəsi nüvə energetikasının payına düşür və ya Norveg və Yeni Zelendiyada elektrik enerjisinə olan ehtiyacın 80%-dən çox hissəsi BEM-in payına düşür [39].

İstilik elektrik stansiyalarının bir-neçə növü mövcuddur. Onları müxtəlif əlamətlərinə görə qruplaşdırmaq olar: ilkin istilik daşıyıcılarının növünə görə (buxar-turbin, qaz-turbin, buxar-qaz), əsas korpusun quraşdırılmasına görə (qapalı, yarımqapalı və açıq), işçi cisimlərin parametrlərinə görə (aşağı, orta, yüksək və kritik həddən yüksək ifrat təzyiqli), yandırılan yanacağın növünə görə və s. Buna baxmayaraq, çox hallarda bu stansiyaları ötürücü maşının növünə görə (qurğuya) fərqləndirirlər. Hal hazirda əsasən, aşağıdakı İES-lər fəaliyyət göstərir:

- buxar-turbin qurğulu – BTQ;
- buxar-qaz qurğulu – BQT;
- qaz-turbin qurğulu – QTQ;

- dizel – DES;
- qaz-porşen aqreqatlı – QPA;
- daxili yanma mühərrikli - DYM;
- Geotermal itilik elektrik stansiyaları – GtİES.

Hər bir İES-ın layihəsi həyata keçirilməsindən əvvəl layihə ilə əlaqədar və tənzimləyici təşkilatlarla – administrativ, təbiəti mühafizə, sanitar, yanğından mühafizə təşkilatı və s. ilə razılaşdırılmalıdır. Burada istilik elektrik stansiyanın baş planı vacib sənədlərdən biri hesab olunur. Bu sənəd elektrik stansiyasının ümumi xarakteristikasını göstərir və bu sahədə müvafiq təşkilatların suallara cavabı verilirr ki, bunlar da aşağıdakılardan ibarətdir:

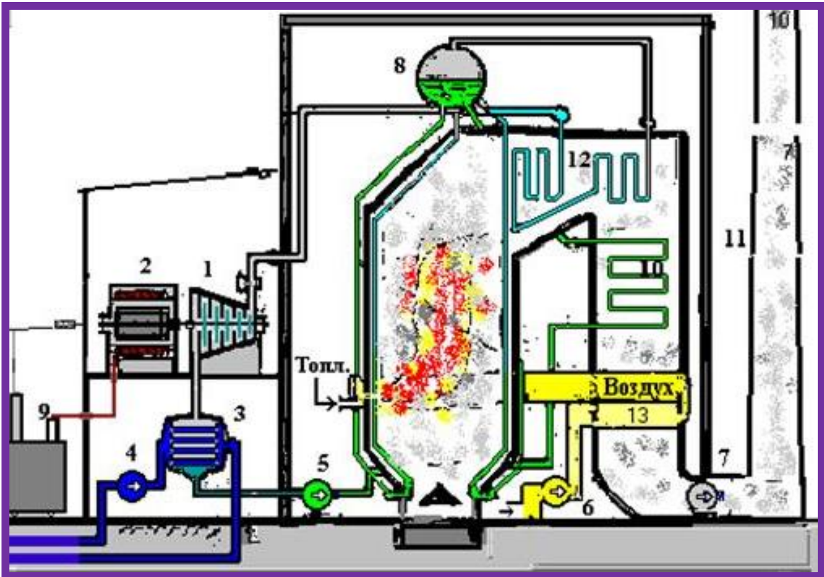
- əsas avadanlığın seçimi;
- küləklərin əsas istiqamətləri;
- İES-ə yanacağın, yüklərin və heyətin daşınması ilə bağlı nəqliyyat sxemləri;
- İES qəsəbəsini və obyektlərinin daşqınlardan qorunması, stansiya obyektlərinin yerləşdirilməsi və s.

Şəkil 4.3-də İES-in enerji blokunun sadələşdirilmiş texnoloji sxemi göstərilib.

Bu sxemə əsasən İES-nın əsas və köməkçi avadanlıqları haqqında təsəvvür əldə etmək mümükündür.

Mərkəzi hissədə buxar generatoru (qazan qurğusu) yerləşir – bura yanacaq və hava qızdırıcıda (13) qızdırılmış hava verilir. Havanın verilməsi üçün (6) hava vurucudan istifadə edilir. İti buxar (12) buxar qızdırıcısından keçdikdən sonra əsas buxar xətti ilə (1) buxar turbininə daxil olur. (3) kondensatorunda yaranan kondensat (5) bəsləyici nasos vasitəsilə (10) su ekonomayzerindən keçərək qazan qurğusunun (8) barabanına verilir. Oradan endirici borular vasitəsilə soyuq su kollektoruna, sonradan qazan quğusunun ekran borularına daxil olaraq ocaqdakı yanma məhsullarının istiliyi hesabına qızdırılır və barabanda buxara çevrilir.Yanma nəticəsində

yaranan məhsullar (7) tüstüsoranın köməkliyi ilə tüstü qazlarının kənarlaşdırılması məqsədilə qurulan (11) tüstü borusuna atılır.



Şək. 4.3. İES-in prinsipial texnoloji sxemi. 1 –buxar turbini; 2 – generator; 3 – kondensator; 4 – kondesatorun soyutma su nasosu; 5 – bəsləyici nasos; 6 – hava vurucu; 7 – tüstüsoran; 8 – baraban; 9 – enerji blokunun transformatoru; 10 – su ekonomayzeri; 11 – tüstü borusu; 12 – buxar qızdırıcı;13-hava qızdırıcı

İstilik elektrik stansiyasının quruluşuna aşağıdakılar daxildir: yanacaq təsərrüfatı və yanacağın hazırlanması sistemi; qazanxana - qazan və köməkçi avadanlıqları; turbin qurğusu - turbin və köməkçi avadanlıqları; su hazırlığı və kondensat təmizləyici qurğu; texniki su təchizatı sistemi, kül çıxarma sistemi; elektrotexniki təsərrüfat; güc avadanlıqlarının idarəetmə sistemi.

İstilik elektrik stansiyaları arasında daha mürəkkəb və eyni zamanda ən geniş yayılmış olanı buxar turbinli elektrik stansiyalarıdır. Buxar-turbinli elektrik stansiyaları bir qayda

olaraq yüksək gücə malik olur və gücləri 100 - 4000 Meqavat hədlərində dəyişir. Nəhəng İES-lərdə sutkalıq kömür sərfiyyatı 20 min tona, mazut sərfiyyatı isə 10 min tona çatır (və ya bir-neçə yüz dəmiryol vaqonu). Bu qədər böyük müəssisənin bir sahədə fəaliyyət göstərməsi üçün kifayət qədər geniş ərazinin ayrılması tələb olunur (100 - 2000 hektar).

İstilik Elektrik Stansiyasının yaxınlığında (3-10 km) energetiklərin və inşaatçıların tərkibində sosial obyektlər olan kompleksi – məktəb, uşaq bağçası, tibbi müəssisələr, mağazalar, xidmət sahələri və s. olan qəsəbəsi yerləşdirilıir. Belə qəsəbələrdə 10 mindən 50 minədək əhali məskunlaşır ki, onlardan yalnız bir hissəsi İES-də çalışır. Buna görə də belə yaşayış məskənlərindəki işçilərin stansiyada işləyən ailə üzvlərinin iş problemi olmur.

İstilik Elektrik Stansiyasının işi enerjinin təbiətdə bir növdən başqa növə keçməsini praktiki olaraq nümayiş etdirir. Üzvi yanacağın tərkibində olan, günəş enerjisinin təsirindən formalaşan enerji qazanın odluq kamerasında qazların istilik və işıq enerjisinə çevrilir, sonra bu enerji buxarın istilik enerjisinə transformasiya olunur, daha sonra buxarın gücü turbini hərəkətə gətirir və mexaniki (fırlanma) enerjiyə çevrilir ki, nəhayət fırlanan generatorda elektrik enerjisinə çevrilir. İstehlakçıya çatdıqdan sonra elektrik enerjisi öz növbəsində işıq, istilik, mexaniki, kimyəvi və başqa növ enerjilərə çevrilir. Beləliklə, enerjinin praktikadakı təbii dövriyəsi zamanı enerjinin itməməsi və bir növdən başqa bir növə keçməsi qanununun, eləcə də termodinamika qanunlarının təzahürü bu şəkildə baş verir.

Enerjinin bir növdən başqa bir növə keçməsi prosesində enerji daşıyıcısına verilən enerjinin hamısı digər enerji növünə çevrilmir. Bu enerjinin bir hissəsi proses zamanı itir. Bu ilkin enerjinin müəyyən bir hissəsinin prosesin özünün həyata keçirilməsinə sərf edilməsi ilə izah edilir. İstilik ekvivalentinin ilkin enerjiyə və əldə edilən yeni növ enirjiyə olan nisbəti hər-hansı elektrik stansiyasının faydalı iş əmsalını (FİƏ) təşkil edir.

Müxtəlif növ elektrik stansiyalarında FİƏ 28-30%-dən 45-60%-ə kimi dəyişir. Kombinə olunmuş istilik elektrik stansiyalarında isə faydalı iş əmsalı 70-80% -ə kimi yüksələ bilir. İstilik Elektrik Stansiyasının FİƏ-sini aşağıdakı formul ilə hesablamaq olar:

$$\eta_{İES} = \frac{E_{bur} \cdot 860}{B \cdot Q} \cdot 100, \% \qquad (4.1)$$

Burada: $\eta_{İES}$ – İES-in FİƏ;
E_{bur} – enerjinin buraxılması, kV·s;
B – yandırılmış yanacağın miqdarı, kq;
Q – yanacağın istiliktörətmə qabiliyyəti (kaloriliyi), kkal/kq;
860 – elektrik enerjisinin ekvivalenti, kkal/kBt·s.

Məsələn, İES-də E_{ist} = 100 mln kVt·s miqdarında elektrik enerjisi istehsal olunmuşdur. Bu enerjinin istehsal olunmasına isə Q = 4 560 kkal/kq kalorili B = 54,3 min ton kömür sərf olunmuşdur və eyni zamanda bundan 8,4 mln kVt·s stansiyanın fərdi ehtiyacları üçün sərf edilmişdir İES – E_{frd}. Bu zaman netto FİƏ- η_E^{nt} (3.2) formuluna əsasən müəyyənləşir:

$$\eta_E^{nt} = \frac{(E_{ist} - E_{feh}) \cdot 860}{B \cdot Q} \cdot 100 = \frac{91,6 \cdot 860 \cdot 10^6}{54,3 \cdot 4560 \cdot 10^6} \cdot 100 = 31,8\% \qquad (4.2)$$

Bununla yanaşı burada ($в_e$) yanacağın 1 kVt·s-a düşən xüsusi sərfiyyatı (4.3) formuluna əsasən müəyyənləşir:

$$в_e = \frac{54,3 \cdot 10^9 \cdot (4560/7000)}{(100 - 8,4) \cdot 10^6} = 386,2\ q/kVt \cdot s \qquad (4.3)$$

$в_e$ həcmini FİƏ vasitəsilə də müəyyənləşdirmək mümkündür (3.4):

$$в_e = \frac{в_n}{в_e^{nt}} = \frac{122,8}{0,318} = 386,2\,\frac{q}{kVt} \cdot s \qquad (4.4)$$

Burada: $в_n$ = 122,8 q/kVt, ideal dövrə (tsikl) üçün şərti yanacağın xüsusi sərfidir, yəni FİƏ 100 % olduqda bu göstəriciyə nail olmaq olar.

4.2.1. Buxar-turbinli İstilik Elektrik Stansiyaları

Buxar-turbin qurğuları müasir dövrdə dünya ölkələrinin çoxunda əsas elektrik stansiyası növünü təşkil etməkdədir. Elektrik enerjisinin sənaye istehsalının təqribən 40%-i bu stansiyaların payına düşür. Buxar-turbin qurğulu İES-lər aşağıdakı növlərə ayrılır:

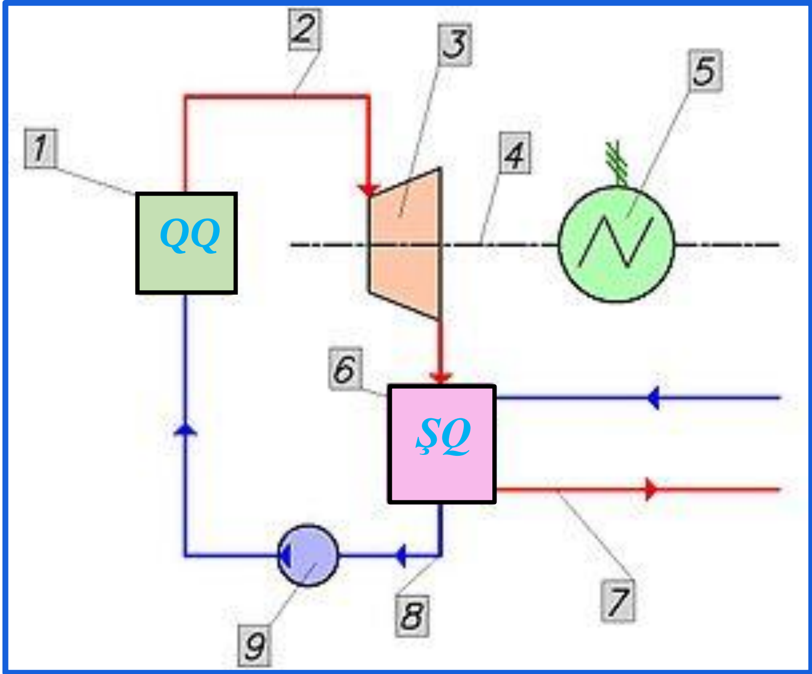
- yanacaq növünə görə: kömür, qaz-kömür, qaz-mazut, qaz və s.
- texnoloji tsiklinə görə: kondensasiyalı, istiləşdirmə ayrımlı, istehsalat ayrımlı, əkstəzyiqli və xüsusi (alıcının sifarişinə görə):
- iti buxarın parametrlərinə görə: aşağı təzyiqli – 15 at-a kimi, orta təzyiqli – 35 at-a kimi, yüksək təzyiqli – 110 at-a kimi, çox yüksək təzyiqli – 140 at-a kimi, ifrat kritik təzyiqli – 240 at və daha artıq.

Buxar-turbinli İES-in geniş yayılmasını nəzərə alaraq, texnoloji sistemləri və bu tipli elektrik stansiyalardakı avadanlıq növlərini, eləcə də qazan aqreqatlarının işindəki müxtəlif texnoloji prosesləri daha yaxından nəzərdən keçirək.

İstilik Elektrik Stansiyasının prinsipial istilik sxemi elektrik stansiyasının əsas aqreqatları ilə köməkçi qurğuları arasındakı texnoloji əlaqələrin birxətli təsviridir. *Şəkil 4.4*-də turboaqreqatının istiləşdirmə ayrımı olan İEM-in prinsipial istilik sxemi göstərilmişdir.

İstiləşdirmə ayrımlı İEM-nin iş prinsipi istilik sxeminə görə belədir:baş buxar xətti (2) vasitəsilə qazan qurğusundan (1)

gələn iti buxar buxar turbininin yüksək təzyiqli silindirinin (3) işçi pərlərinə daxil olur. Genişləndikdən sonra buxarın kinetik enerjisi elektrik generatoru (5) ilə eyni valda (4) yerləşən turbin rotorunun fırlanma mexaniki enerjisinə çevrilir. Buxarın genişlənmə prosesində orta təzyiqli silindirdən buxarun bir



Şək. 4.4. İstiləşdirmə ayrımlı İEM-nin prinsipial sxemi

hissəsi götürülərək şəbəkə suyunun (7) qızdırıcısına (6) yönəldilir. İşlənmiş buxar turbinin axırıncı pilləsindən kondensatora ötürülür və sonra istilik mübadiləsi nəticəsində kondensatlaşaraq boru kəməri (8) vasitəsi ilə nasosdan (9) istifadə edilməklə yenidən qazan qurğusuna göndərilir. Alınan enerjinin çox hissəsi elektrik generatorunda (9) elektrik cərəyanı yaratmaq üçün istifadə olunur.

İstilik Elektrik Mərkəzi (İEM) adlandırılan belə elektrik stansiyaları məlum olduğu kimi elektrik və istilik enerjisinin kombinə edilmiş istehsalı üçün istifadə edilir ki, bu da nəhəng şəhərlərin sənaye və kommunal-məişət ehtiyacının ödənilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Çoxlu sayda mürəkkəb qarşılıqlı əlaqəli sistemdən ibarət istilik sxeminə malik olan İES-dən fərqli olaraq, sırf kondensasiyalı elektrik stansiyaları (KES) daha sadə sxemə və bir qayda olaraq blok quruluşuna malik olur. Yəni, hər bir turboaqreqat özünün buxar qazanı ilə birbaşa, baş buxar kəməri ilə əlaqələnir. Bu halda istilik sxemi əhəmiyyətli dərəcədə sadələşir və kapital xərcləri azalır. Digər tərəfdən eninə əlaqə sxemin olmaması və qonşu qazan qurğularından buxar təminatının mümkünsüzlüyü qazanlardan birinin zədələnməsi halında enerji blokunun bütünlüklə dayanmasına gətirib çıxarır. Qazan qurğularının etibarlığının turbinlərə nisbətən aşağı olmasını, enerji blokunun isə hər dəfə işə salınma və dayandırılması enerji istehsalında fasilələr yaratması ilə yanaşı daha çox buxar və su itkisinə yol açdığını nəzərə alaraq, böyük güclü enerji blokları paralel işləyən iki buxar generatoru ilə təmin olunur. Bir buxar generatoru ilə təchiz edilən monobloklardan fərqli olaraq belə enerji qurğuları dubl-blok adlandırılır.

4.2.2. Qaz və buxar-qaz turbinli İES

20 ci əsrin 70-ci illərindən başlayaraq (yəni üzvi yanacağın bahalaşması və “parnik effekti”nə qarşı mübarizə ilə başlayan dünya energetik böhranın yaranması ilə) qaz turbin qurğularına olan tələbat daha da artdı. Qaz turbin qurğularının vahid gücü 150 və hətta 200 MVt-dək, iş prosesinin temperaturu isə 1300 ^{0}C və daha çox artırıldı.

Müasir *qaz turbin qurğularının* FİƏ 33-39% təşkil edir. Qaz turbin qurğularının (QTQ) səmərəliliyi ümumiyyətlə qaz

pistonlu güc qurğularından daha aşağıdır. Qaz turbinlərinin tam istilik potensialını reallaşdırarkən yüksək FİƏ-yə nail oluna bilər. Gücü çox olan qaz turbin qurğularında işlənmiş qazların yüksək temperaturu nəzərə alınmaqla, qaz və buxar turbinlərinin birlikdə istifadəsi mümkündür. Belə halda yanacaq enerjisindən istifad səmərəliliyi əhəmiyyətli dərəcədə 60%-ə qədər artıra bilər. Belə yanaşma qurğunun səmərəliyini artırmaqla yanaşı, layihənin qiymətinin və mürəkkəbliyinin artmasına səbəb olur.

Qaz turbin qurğularında istehsal olunan elektrik enerjisinin istilik enerjisinə nisbəti ~ 1:2 nisbətindədir.

Ehtiyaclardan asılı olaraq qaz turbinli qurğular əlavə olaraq buxar və ya isti su qazanları ilə təchiz olunmuşdur ki, bu da istehsal ehtiyacları üçün müxtəlif təzyiqli buxar və ya standart temperaturlu isti su əldə etməyə imkan verir. İki növ enerjinin birlikdə istifadəsi ilə QTİES-ın yanacağın enerjisindən istifadə əmsalı (FİƏ) 90% -ə qədər artır.

İstilik enerjisini istifadə edərək elektrik enerjisi istehsal olunan elektrik stansiyasının işləmə rejimi öz texniki termininə malikdir - *kogenerasiya*.

Qaz turbin qurğularından, əlavə xərc sərf etmədən çox miqdarda istilik enerjisinin alınması imkanı kapital qoyuluşu sərmayəsinin daha sürətli qayıdılmasını nəzərdə tutur.

Qaz turbin qurğularının güclü istilik elektrik stansiyaları və mini istilik elektrik stansiyaları üçün güc avadanlığı kimi istifadəsi iqtisadi cəhətdən əsaslandırılmışdır, çünki bu gün qazla işləyən elektrik stansiyaları tikinti üçün ən cəlbedici xususi xərclərə və sonrakı istismar üçün aşağı qiymətə malikdir.

İlin istənilən vaxtında izafi istilik enerjisi istifadə edilərək, dilerlər vasitəsilə, elektrik enerjisi sərf etmədən, istənilən məqsəd üçün binaları tam sərinləşdirmək imkanı olur. Soyudulmuş soyuq su isə sənaye məqsədləri üçün, müxtəlif istehsal dövrlərində istifadə edilə bilər. Bu texnologiya,yəni elektriklə istilik enerjisinin və soyuqluğun birgə istehsalı-*trigenerasiya* adlandırılır.

Qaz turbinli qurğuların istifadəsinin səmərəliliyi ən az 1-3% -dən maksimum 110-115% -ə qədər olan müxtəlif elektrik yüklərində təmin edilir.

Qaz turbinli qurğuların - insanların birbaşa yaşadığı yerlərdə qaz turbinlərinin istifadəsində müsbət amili zərərli tullantıların aşağı (9-25 ppm) səviyyəsindədir. Bu cür mükəmməl ekoloji göstəricilər qaz turbin qurğularını insanların məskunlaşdıqları yaxın ərazilərdə ekoloji problem yaratmadan yerləşdirməyə imkan verir.

Qaz turbinli qurğular üçün bu meyar – dizel elektrik stansiyalarından daha yaxşıdır.

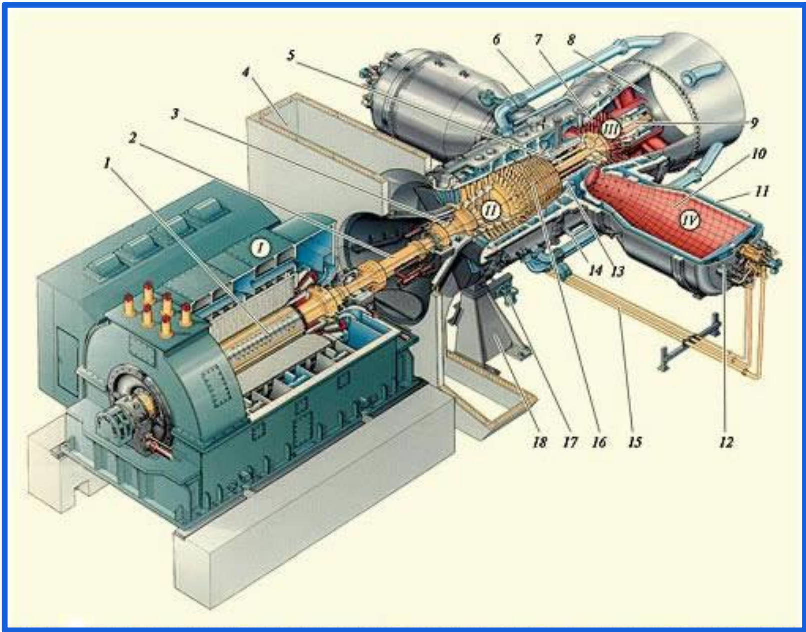
Qaz turbin qurğularından istifadə edərkən, istehsalçı katalizatorlar və nəhəng tüstü borularından istifadə edilmədiyinə görə tikinti və istismar mərhələlərində əlavə gəlirlər əldə edir.

Qaz turbinli elektrik stansiyasının avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri istismar heyətinin azaldılmasına və stansiyanın məsafədən idarə olunmasına imkan verir. Fövqəladə hallarda, kompleks avtomatik mühafizə və yanğınsöndürmə sistemləri təmin olunur.

Şəkil 4.5-də Siemens şirkəti istehsalı olan V94.3 tipli QTQ göstərilib [40]. Atmosfer havası mürəkkəb bir hava təmizləyici qurğudan şaxtaya (4) , oradan da hava kompressorunun axın hissəsinə (16) daxil olur. Kompressorda hava sıxılır. Tipik kompressorlardakı sıxılma nisbəti 13-17 atm təşkil etdiyinə görə, qaz turbin traktındakı təzyiq 1,3-1,7 MPa (13-17 atm) -dən çox deyil. Bu, qaz turbininin və buxar turbininin arasındakı digər ciddi fərqdir, buxar təzyiqinin qaz turbinindəki qaz təzyiqindən 10-15 qat daha çox olmasıdır. İş mühitinin aşağı təzyiqi, korpusun divarlarının kiçik qalınlığını və onların qızmasının asanlığını müəyyənləşdirir. QTQ-nin manevr etmı imkaları bununla təyin edilir, yəni tez işəburaxma və dayanmağa qadirdir. Buxar turbininin işə salınması 1 saatdan bir neçə saata qədər davam edirsə, ilkin temperatur

vəziyyətindən asılı olaraq 10-15 dəqiqə ərzində qaz turbinini işə salmaq olar.

Yanma kamerasından isti qazlar qaz turbininin axın hissəsinə daxil olur. Axın hissəsində qazlar demək olar ki, atmosfer təzyiqinə qədər genişlənir, çünki qaz turbininin arxasındakı sahə ya tüstü borusu ilə, ya da hidravlik müqaviməti az olan bir istilik dəyişdiricisi ilə əlaqəlidir.



Şəkil 4.5. V94.3 qaz turbin qurğusu [40].

Qaz turbinindəki qazların genişlənməsi ilə onun valında güc yaranır. Bu güc qismən hava kompressorunun intiqalında, artıqlığı isə generatorun rotorunda sərf olunur. Qaz turbinlərinin xarakterik xüsusiyyətlərindən biri kompressorun qaz turbininin yardığı gücün təxminən yarısını tələb etməsidir. Məsələn, 180 MVt gücündə qaz turbinində, kompressorun gücü 196 MVt təşkil edir. Bu, qaz turbininin və buxar - qaz turbininin

arasındakı əsas fərqlərdən biridir: ikincisi, bəsləyici suyu hətta 23.5 MPa (240 at) təzyiqə qədər sıxmağa sərf olunan güc buxar turbininin yalnız bir neçə faizini təşkil edir. Bu, suyun əlçatmaz bir maye olması və havanın sıxışdırılması üçün çox enerji tələb etməsi ilə bağlıdır.

Beləliklə, qaz turbininin çıxışında qazların temperaturu olduqca yüksəkdir və yanacaq yandırmaqla əldə edilən xeyli istilik sanki tüstü borusuna ötrülür. Buna görə qaz turbininin avtonom iş şəraitində onun səmərəliliyi aşağıdır: tipik qaz turbinləri üçün bu 35-36% -dir.Bu da uyğun avadanlıqların səmərəliliyindən xeyli azdır. Bununla yanaşı, aşağıda müzakirə ediləcək qaz turbininin "sonluğuna" istilik dəyişdiricisi quraşdırıldıqda məsələ kəskin şəkildə dəyişir.

Buxar-qaz istilik-elektrik stansiyaları XX əsrin əvvəllərində yaranaraq istilik energetikasında qlobal dəyişiklik yaratdı. Qaz sənayesinin sürətlə inkişaf etməsi elektroenergetikada ağır yanacaq növlərindən (kömür, torf, mazut və s.) istifadəni yarıya qədər azaltmağa imkan verdi.

Həmdövrəli buxar-qaz qurğuları (BQQ) iki ayrı qurğudan ibarətdir: buxarla və qazla işləyən turbin. Qaz turbin qurğusunda təbii qaz, yanacaq və digər yanacaqların yanma məhsulları turbini fırladır. Turbinlə eyni valda olan rotorun fırlanması səbəbindən 1-ci generatorda elektrik cərəyanı istehsal edilir. Yanma məhsulları qaz turbinindən keçərək enerjisinin bir hissəsini verir və çıxışda tüstü qazları təxminən 500 ° C temperaturda olur. Qaz turbininin çıxışından sonra tüstü qazları suyun və yaranan buxarın qızdırıldığı utilizasiya qazanına göndərilir. Nəticədə 100 atm təzyiqində çox təzyiqdə qızdırılmış buxar, 2-ci elektrik generatorunu idarə edən buxar turbinində istifadə olunur. Nəticədə 2-ci generatorda da elektrik cərəyanı istehsal edilir Buxar və qaz turbinlərinin eyni valda yerləşdiyi BQQ-lər də mövcuddur və bu halda bir elektrik generatorundan istifadə olunur.

Həmdövrəli BQQ-lər 58 - 64% hədlərində elektrik səmərəliliyi əldə etməyə imkan verir. Buxarla işləyən qurğuların FİƏ 33-45%, qaz turbinli qurğular üçün isə 28-42% təşkil edir, eyni zamanda sonuncunun istismar xərcləri daha azdır və tikinti-quraşdırma işlərinin 9-12 ay ərzində yekunlaşdırılması mümkündür.

Həmdövrəli BQQ-lər nisbətən yeni bir texnologiya hesab olunur.

Həmdövrəli buxar-qaz tsiklinin nümunəsində gələcəkdə kiçik bir buxar turbininin istismarı üçün avtomobilin işlənmiş qazlarından istifadə edilməsi perespektivlərinin BMW mütəxəssisləri tərəfindən qəbul edilməsi maraq doğurur.

Növbəti sxemdə həmdövrəli BQQ-nin prinsipial sxemi təqdim olunur (*şək. 4.6*).

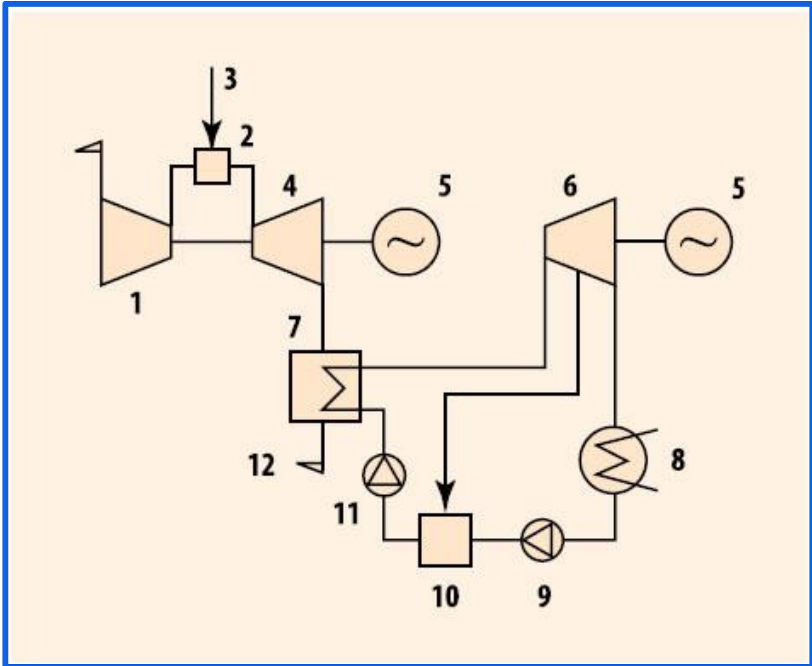
Təqdim olunan həmdövrəli BQQ aşağıdakı kimi fəaliyyət göstərir. Qurğunun işə salınması iki üsulla ola bilər - qazan-utilizatordan (7) buxar turbininə və ya xarici buxar mənbəyindən işəburaxma turbininə buxar verməklə.

Qaz-turbin qurğusunun, temperaturu 500-600 ^{0}C-yə çatan işlənmiş qazları, buxar turbinini hərəkətə gətirən, müvafiq parametrlərə malik olan iti buxarın istehsal olunduğu utilizator qazanının yanma kamerasına verilir. Qaz-turbin qurğusunun buxar turbininin valı ilə qurğunun fərdi generatorları hərəkətə gətirilir. Zərurət olduğu halda, buxar istehsalının artırılması və ya parametrlərinin artırılması məqsədi ilə utilizator qazanının funksiyası dəyişdirilərək yanma qurğusuna çevrilə bilər.

Bu halda yanacağı sonadək yandıran buxar-qaz qurğusu əldə olunur.

Yuxarıda qeyd olunan sxemdə gücü 150 MVt olan bir qaz-turbin qurğusu və gücü 200 MVt olan ikinci bir kondensasiyalı buxar turbini nəzərdə tutulmuşdur. Yanacaq (qaz, dizel yanacağı) kompressordan təzyiq altında (13-15 ata) çıxan hava ilə birlikdə qaz-turbin qurğusunun yanma kamerasına verilir. Yanacağın yüksək hava artıqlığı şəraitində yanmasından sonra

($_{ged}$ = 2,0-3,0) temperaturu 1000–1300^{0}C olan yanma kamerasından şıxan qazlar qaz turbinin axın hissəsinə verilir. Qaz turbininin pillələrində öz potensialının böyük hissəsini sərf etdikdən sonra o hələ də kifayət qədər yüksək temperatur ilə (500-600 ^{0}C) utilizator qazanının kamerasına verilir. Bununla da



Şək. 4.6. Həmdövrəli BQQ-nin prinsipial sxemi:

1 – QTQ-nin hava kompressoru; 2 – yanma kamerası; 3 yanacaq; 4 – qaz turbini; 5 - elektrik generatoru; 6 – buxar turbini;7 – qazan-utilizator; 8 – BT-nin kondensatoru; 9 – kondensat nasosu; 10 - regenerasiya sistemi; 11 – qazan-utilizatorun başləyici nasosu; 12 - tüstü borusu.

qaz-turbin qurğusunun tsikli (dövrəsi) başa çatır. Bu tsiklin ilkin prosesidir: yanacağın verilməsi – yanma – qaz turbininin

generator ilə fırlanması – qazların buraxılması əlbəttə ki, fasiləsiz olaraq həyata keçirilir.

Daha sonra tsiklin ikinci (buxar-turbin) prosesesi işə başlayır: işlənmiş qazların qaz-turbin qurğusunun utilizator qazanına verilməsi – qızışmış buxar istehsalı – buxar turbinin generatorla birlikdə fırladılması – işlənmiş buxarın kondensatora verilməsi – buxarın kondensatlaşdırılması – onun yenidən qızıdırılması və qazana ötürülməsi.

Qaz-turbin qurğusu bəzən ikinci prosesdən istifadə olunmadan da istismar olunur. Bu halda qurğu istiliyi utilizasiya etmədən, yəni yüksək (450-550 ^{0}C) temperaturda olan işlənmiş qazları tüstü borusuna buraxaraq tam elektrik rejimində işləyə bilər. Belə rejimdə adətən, ümumi istifadədə olan vahid elektrik şəbəkəsinin sutkada 3-4 saat səhər və axşam maksimum ehtiyacının qarşılanmasında iştirak edən pik QTQ-ləri işləyir. Lakin bu qurğuları istifadədə olan İES-ın və istiləşdirmə buxar turbinləri vasitəsilə isitmə üçün istifadə olunacaq işlənmiş qazları utilizator qazanlarında utilizasiya edən qazanxanaların əlavəsi olaraq quraşdırılması daha məqsədəuyğundur.

4.2.3. Dizel ektrik stansiyaları

İstilik Elektrik Stansiyaların bu kateqoriyasında daxili yanma mühərriklərindən (DYM) istifadə olunur. Dizel elektrik stansiyaları bu tip elektrik stansiyaların ən geniş yayılmış növlərindən biridir. Bu stansiyalardan səhra və dağlıq zonalarda, eləcə də meşə təsərrüfatı və faydalı qazıntıların işlənməsi rayonlarında (şaxta və digər mədənlərdə), kənd təsərrüfatında və s. istifadə olunur.

Dizel Elektrik Stansiyaları elektrik şəbəkəsində elektrik enerjisi kəsintiləri olan və elektrik enerjisinin fasiləsiz verilməsi üçün xüsusi təminat tələb olunan istehlakçılarda quraşdırılır. Bu stansiyalar çay və dəniz gəmiçiliyində, hərbi-səhra bazalarında, fövqəladə vəziyyət şəraitində əvəzsiz rola malikdir.

Dizel Elektrik Stansiyaları, əsasən ümumi elektrik şəbəkəsi inkişaf etdirilməyən ərazilərdə daha çox yayılmışdır. Bu stansiyaların əsasında müxtəlif gücə malik olan dizel maşınları dayanır. Şəraitdən, yanacaq təminatından və digər faktorlardan asılı olaraq DES-lər həm stasionar (buxar-turbin və qaz-turbinli İstilik Elektrik Stansiyaları tərzində), həm də avtoqoşquların, dəmiryol vaqonlarının, çay və dəniz barjalarının üzərinə quraşdırılmaqla daşınan olur. Dizel aqreqatları maye yanacaqla yanaşı qazla da işləyə bilir. Son illər alternativ yanacaq növlərindən də istifadə olunur: qamış spirtindən, palma yağından və digər sintetik yanan maddələrdən. Daşınan DES-lər 10 MVt gücə malik ola bilər.

DES-in istilik balansı aşağıdakı tənliklə təyin edilir (4.5):

$$Q_n^r = Q_e + Q_{soy} + Q_{işl} + Q_{k.n.} + Q_{dig} \qquad (4.5)$$

Burada, Q_n^r - yanacağın yanma istiliyi;

Q_e – (0,3-0,4) Q_n^r bərabər olan işə çevrilmiş istilik;

Q_{soy} – (0,2-0,3) Q_n^r bərabər olan və soyuducu su vasitəsilə aparılan istilik;

$Q_{işl}$ – (0,2-0,3) Q_n^r bərabər olan və işlənmiş qazlarla aparılan istilik;

$Q_{x.n.}$ –(0-0,1) Q_n^r bərabər olan kimyəvi natamam yanma ilə itən istilik;

Q_{dig} – (0,05-0,15) Q_n^r təşkil edən digər itkilər.

Dizel Elektrik Stansiyalarının texniki-iqtisadi göstəricilərinin qiymətləndirilməsində aşağıdakı anlayışlardan istifadə olunur:

1. Effektiv FİƏ ,η_e – bu indikator FİƏ, η_i və mexaniki FİƏ, η_m nəzərə alınmaqla mühərriyin faydalı iş əmsalıdır (4.6):

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m . \qquad (4.6)$$

2. İndikator FİƏ, η_i – indikator işinə çevrilmiş istiliyin Q_i sərf edilmiş bütün istiliyə Q_{ist} olan nisbətidir, yəni:

$$\eta_i = \frac{Q_i}{Q_{ist}} = \frac{Q_i}{B \cdot Q}, \qquad (4.7)$$

burada, B – yanacağın bir saniyəlik sərfiyyatı, kq/san;
Q – yanacağın kalorilıy(İstiliktörətmə qabiliyyəti), kkal/kq və ya kC/kq.

Bu göstərici həqiqi tsikldə istilik itkisinin və silindrdəki sürtünmə ilə yaranan mexaniki itkinin nəzərə alınması ilə istiliyin istifadə olunmasını qiymətləndirir.

3. Mexaniki FİƏ ,η_m mühərriyin yastıqlarının və detal birləşmələrindəki sürtünməyə sərf olunan gücdən ibarətdir.

Bu tip elektrik stansiyaları digər elektrik stansiyaları ilə müqayisədə aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

1. Tez bir zamanda quraşdırılması, belə ki, bu cür stansiyanın quraşdırılması üçün xüsusi tikililərə ehtiyac olmur. Avadanlığın kompakt halda olması onun istənilən binada və ya çardax altında quraşdırılmasını mümkün edir.

2. Bu stansiyalardan həm stasionar, həm də daşınan variantda istifadə oluna bilər.

3. Yüksək səviyyəli etibarlılıq və digər stansiyalarla müqayisədə sadə şəkildə idarə olunması.

4. Stansiya avadanlığının avtomobil, traktor və hətta qoşqulu (dəvə, öküz, at, it qoşqusu) nəqliyyatın keçə biləcəyi istənilən yerə çatdırılması imkanı. Bu stansiyalardan istifadə oluna biləcək insan yaşayışı və fəaliyyəti məntəqələrinə geoloji ekspedisiyalar, faydalı qazıntı mənbələrinin (neft, qaz, kömür, qızıl, almaz və s.) kəşfiyyatı, meşə, balıqçılıq və ovçuluq təsərrüfatları, otlaq sahələri və s. daxildir.

Beləliklə, dizel qurğuları təsərrüfatın istənilən sahəsində istifadə oluna biləcək daha universal elektrik stansiyaları hesab

edilə bilər. Məhz buna görə də bu stansiyalar istehsal olunan digər enerji mənbələri ilə müqayisədə daha çox yayılmışdır.

4.2.4. Qaz-porşen elektrik stansiyaları

Qaz – porşen qurğuları (QPQ), yüksək qənaətli, orta surətli, iki/dördtaktlı məcburi alışmalı daxili yanma aqreqatıdır. Qaz – porşen aqreqatları həm elektrik, həm də istilik enerjinin istehsalına imkan verir. Bu qurğular 50 – 100% güc, uzunmüddətli istismar rejimində isə nominal gücün 70%-ni keçməməlidir.

Cədvəl 4.1

Daxili Yanma Mühərriyinin texniki xarakteristikaları

Mühərriyin növü	Sıxılma dərəcəsi, ζ	Mexaniki FİƏ, ηm	İndikator FİƏ, η_i	Effektiv FİƏ, η_e	Yanacağın xüsusi sərfiyyatı q/kVt·s
Dördtaktlı mühərriklər	*13,0-16,0*	*0,78-0,85*	*0,42-0,48*	*0,32-0,39*	*315-380*
İkitaktlı mühərriklər	*13,0-16,0*	*0,72-0,80*	*0,42-0,46*	*0,31-0,35*	*350-390*
Karbyuratorlu mühərriklər	*4,5-7,0*	*0,80-0,90*	*0,22-0,28*	*0,18-0,24*	*510-680*
Qaz mühərrikləri	*6,0-9,0*	*0,78-0,82*	*0,25-0,32*	*0,20-0,27*	*450-615*

Cədvəl 4.1-də müxtəlif daxili yanma mühərriklərinin texniki-iqtisadi göstəriciləri verilmişdir. Verilən məlumatlardan belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, daxili yanma mühərrikli elektrik stansiyaları iqtisadi cəhətdən digər İES ilə tam olaraq rəqabət apara bilər. Eyni zamanda, qeyd etmək lazımdır ki, istilik maşınlarından çıxan tüstü qazlarının istiliyi utilizasiya edilərək yanacağın, eləcə də sənaye və yaşayış binalarının qızıdırılmasında istifadə oluna bilər. Belə olan halda QPQ istilik

– elektrik mərkəzi rejimində işləyə və 80-90% FİƏ-yə malik ola bilər.

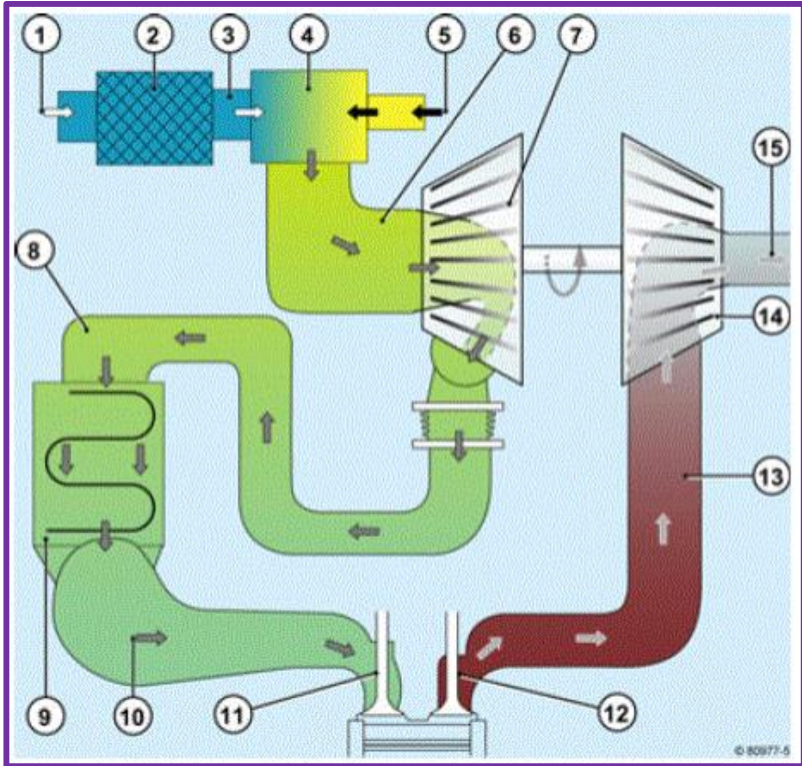
Turbokompressor, çıxan qazların enerjisindən istifadə edir və mühhərrikin işi üçün lazımi hava- qaz qarışığı ilə təmin edir. Turbokompressorun köməkliyi ilə hava-qaz qarışığının təzyiq altında daxili-yanma mühərriyinin (DYM) yanma kamerasına verilməsi sayəsində daha yüksək güc əldə edilməklə yanaşı atmosferə atılan zərərli maddələrin azalmasına da nail olunur (*şəkil 4.7*).

Turbokompressor iki turbomaşın, bir valda yerləşən bir radial turbindən və bir mərkəzdənqaçma kompressorundan ibarətdir. Turbinin çarxları kompressor rotorunu hərəkətə gətirmək üçün işlənmiş qaz enerjisindən istifadə edir. Mühərriyin işi üçün lazım olan qaz-hava qarışığı kompressorun rotoruna sorucu borudan daxil olur. Kompressorun rotorunun köməkliyi ilə qaz – hava qarışığı əvvəlcədən sıxılmış halda diffuzor və basqı borusundan keçərək kompressorun karterindən qrışdırıcı boru xəttinə vurulur [41].

Qeyd edək ki, əvvvəlki paraqrafda qeyd olunan dizel elektrik stansiyalarının malik olduğu üstünklükləri, həmçinin QPQ-yə də şamil olunur. Yəni, QPQ-lər təsərrüfatın istənilən sahəsində istifadə oluna bilən daha universal elektrik stansiyaları hesab olunur. Bu baxımdan belə stansiyalar istehsal olunan digər enerji mənbələri ilə müqayisədə daha geniş tətbiq olunmuşdur.

Qaz-Porşen Elektrik Stansiyaları (QPES) kiçik və orta energetika kateqoriyasına aiddir. Aqreqatlarının gücü 0,1-dən 10-MVt-dək olan çoxlu miqdarda stasionar və mobil elektrik stansiyaları mövcuddur. Belə qurğular ümumi gücü 300 MVt olan İstilik Elektrik Stansiyaları formalaşdırmağa qadirdir. Bu gücdə stansiya Azərbaycan enerjisisteminin tərkibində fəaliyyət göstərir (dünyada qoyuluş gücünə görə ən böyük QPES hesab olunur).

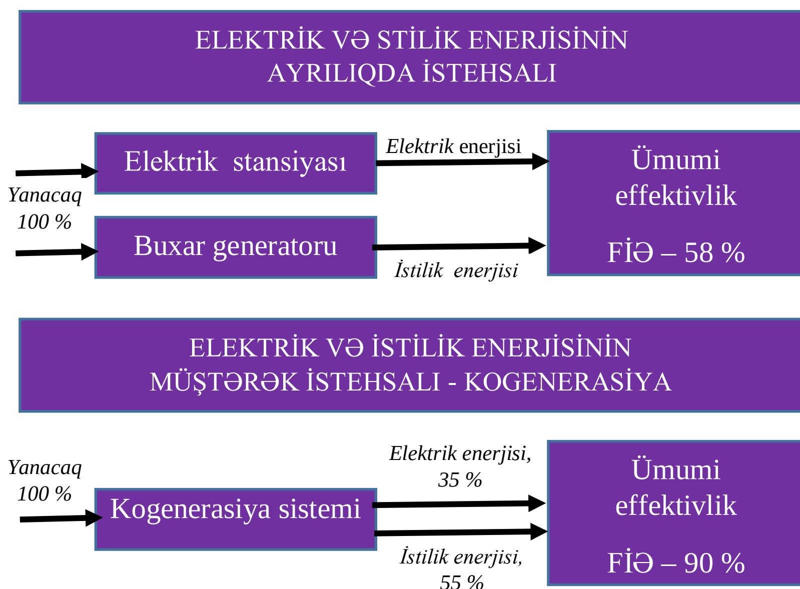
QPES-in iş prinsipi daxili yanma mühərriyinin təbiqinə əsaslanmışdır – yanacaq qismində təbii qaz, bioqaz və ya digər



Şək. 4.7. Qaz-trubin üfürmə konturunun sxemi:1 - məcburi vurulan hava; 2 - hava filtri; 3 – təmizlənmiş hava; 4 - qaz-hava qarışdırıcı; 5 - qaz; 6 - kompressora qarışıq;7- kompressorun çarxı; 8 - kompressordan qarışıq soyuducuya qədər; 9 - qarışıq soyuducu; 10 - soyudulmuş qarışıq; 11 - giriş qapağı; 12 - çıxış klapan; 13 – işlənmiş çıxan qaz turbininə; 14 - turbin çarxları; 15 – səsboğucu

istənilən yanar qaz ola bilər. Yanacağın kamerada yanması nəticəsində ayrılan istilik enerjisi qaz-porşen mühərriyinə daxil olur. Sonra bu enerji elektrik enerjisi hasil edən geenratora daxil olur.

Beləliklə, iş prosesində qaz – porşen qurğusu iki növ enerji – istilik və elektrik istehsal edir. Bu prinsip kogenerasiya adlanır. Sxematik olaraq *şəkil 4.8.* verilmişdir.



Şək. 4.8. Kogenerasiyanın ənənəvi enerji istehsalşıları ilə müqayisəsi.

Eyni zamanda, qeyd etmək lazımdır ki, istilik enerjisinə olan tələbat bir qayda olaraq mövsümü xarakter daşıdığına görə, bütün fəsillərdə QPQ-nın faydalı iş əmsalının 85 – 90% səfiyyəsində istismarına nail olunması məqsədilə, müasir dövrdə elektrik, istilik enerjisinə əlavə olaraq "soyuq" enerji istehsalı dövrəsi əlavə edilən qurğular geniş tətbiq olunmağa başlamışdır. Belə stansiyalar – *trigenerasiya adlandırılır.*

Hal-hazırda bu tip enerji qurğuları kiçik şəhərlərdə, rayon mərkəzlərində və sənaye müəssisələrində kiçik İES-ın yaradılmasında geniş tətbiq olunur. Bu qurğuların kompakt

olmasını, texnologiyasının kifayət qədər sadə olmasını, personal və ətraf mühit üçün təhlükəsiz olmasını nəzərə alaraq, qaz-porşen və qaz-turbin aqreqatlı istilik elektrik stansiyaları həm böyük, həm də kiçik şəhərlər üçün əsas enerji mənbəyi rolunu oynaya bilər. Zavod istehsalının komplektləşməyə yaxın olması hesabına bu qurğular qısa zamanda (3-5 ay ərzində) quraşdırma və işə salınma imkanına malikdir. Belə ki, bunun üçün nə dəmir yoluna, nə yüksək tüstü borularına, nə mürəkkəb kimyəvi su təmizləyicilərinə, nə soyuduculara, nə su hövzələrinə, nə də ki, buxar-turbinli İES-ın fəaliyyəti üçün zəruri olan digər bahalı qurğulara ehtiyac olmur. Belə stansiyaların tam avtomatlaşdırılması və onların az miqdarda şəxsi heyətlə idarə olunması mümkündür.

Belə istilik elektrik stansiyalarında daha bir vacib müsbət cəhət ondan ibarətdir ki, bu tip stansiyanın güc aqreqatları istənilən maye və ya qaz yanacağında işləməyə qadirdir. Bu xüsusiyyət təbii qazın olmadığı, eləcə də neft yanacaqların çatdırılmasının çətin olduğu lakin digər enerji daşıyıcıların – bioloji resursların (heyvandarlıq və quşçuluq tullantıları), meşə təsərrüfatı və ağac emalı tullantıları, odun, kol, qamış və s. bol olduğu bölgələr üçün əvəzolunmazdır. Belə olan hallarda stansiyanın əsas avadanlığına əlavə olaraq süni yanacağın alınması üçün texnoloji prosesin yaradılması zərurəti meydana gəlir. Bunlara aşağıdakılar daxildir: bitki yağları (günəbaxan, raps, gənəgərçək, kətan və s.), texniki spirtlər (metil və etil), metan, karbon turşusu, hidrogen və s. Texnologiyanın tərkibinə aşağıdakı aqreqatlar daxil ola bilər:

- Bioreaktorlar- bu aqreqatlarda parçalanmış biokütlədən qıcqırdılma yolu ilə sutka ərzində kaloriliyi (istilik törətmə qabiliyyəti) 4-4,5 min kkal/m^3 olan metan qazı əldə olunur;
- Quru odun emalı üçün qaz generatoru - burada odunun havasız şəraitdə 450 ^{0}C-dək qızdırılaraq parçalanmasına nail olunur;

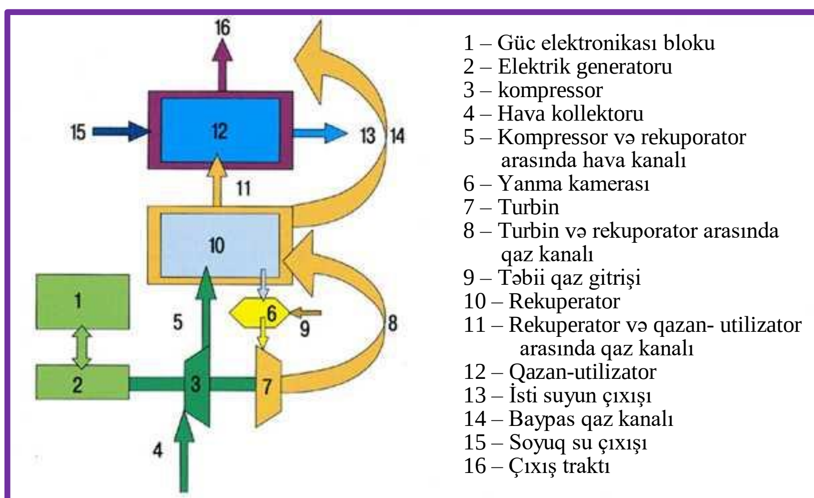
- Biokütlə və odun emalı yolu ilə yandırılmaq üçün yararlı olan texniki spirtlərin alınması üzrə hidroliz qurğuları.

Növbəti onilliklərdə energetikada istiafdə olunan təbii qaz və neft məhsullarının həcmi kəskin şəkildə azalma şəraitində bioreaktorlar, hidroliz qurğuları və qaz generatorları energetik və məişət yanacağının alınması üçün əsas mənbə rolunun oynaması proqnozlaşdırılır.

Şək. 4.9-də fərdi yanacaq bazası olan mikroturbin qurğusunun prinsipial sxemi verilmişdir. Mikroturbinli kogenerasiya qurğusunun TA-100 RCHP numunəsində iş prinsipini nəzərdən keşirək.

Təmizlənmiş atmosfer havası kompressor girişinə (3) hava qəbuledici (4) vasitəsilə daxil olur. Kompressorda hava sıxılma nəticəsində qızdırılır, sonradan hava əlavə olaraq xüsusi bir qaz-hava istilik çevricisində (10) – rekuperatorda da qızdırılır. Belə yanaşma qurğunun elektrik səmərəliliyini təqribən iki dəfə artırmağa imkan verir. Sonra, yanma kamerasına (6) daxil olmadan əvvəl qızdırılmış və sıxılmış hava, təbi qaz yanacağı (9) ilə qarışdırılır, buradan homogen qaz-hava qarışığı yanma kamerasına daxil olur. Əvvəlcədən hava-qaz qarışığının hazırlanmasını, tullantı qazların emissiyasının səviyyəsini 100% elektrik yükündə, 15 % O_2 səviyyəsində 9 ppm, 50 % -dən aşağı yüklərdə isə demək olar ki, sıfıra endirmək mümkündür. Yanma kamerasını tərk edərək, çıxış qazları turbinin pərlərinə (7) daxil olur, burada genişlənir iş görörək turbini hərəkətə gətirir, eyni valda olan kompressor çarxını (3) və yüksək sürətli generatoru (2) da hərəkətə gətirir. Turbini (7) qaz borusu (8) vasitəsilə tərk edərək, işlənmiş qazlar rekuperatora (10) daxil olur, burada istiliyini kompressordan sonrakı havaya verir. Rekuperatorun çıxışında (10), işlənmiş qazlar keçid borusunu yönəldən bir baypas qaz çıxış xəttinə (14) və ya birbaşa utlizasiya qazanına (12) verilir. Utilizasiya qazanında, işlənmiş qazlar istiliyini bəsləyici suya verir, orada tələb olunan istiliyə qədər qızdırılır.

Turbinin konstruksiyasında sürət qutusu (reduktor) yoxdur. Rotorun sürəti praktik olaraq yükdən asılıdır və təxminən 69.000 ilə 96.000 dovr/dəq arasında dəyişir. İstehsal olunan yüksək tezlikli gərginlik ikiqat çevrilməyə məruz qalır: yüksək tezlikli dəyişən cərəyandan sabitə, sonra isə 50 və ya 60 Hz tezliyi olan 380, 400 və ya 480 V gərginlikli dəyişən cərəyana çevrilir. Çevirmənin prinsipal sxemi, kəsilməz enerji təchizatında (UPS) istifadə edilən sxemlərə anolojidir. Bu, çıxış üçfazlı gərginliyin düzgün sinusiodal formasında olmasını təmin edir.



Şək.4.9. Mikroturbin qurğusunun funksional sxemi (mənbə: TA-100RCHP -Calnetix Power Solutions şirkəti)

Fərdi yanacaq bazası olan stansıyalarda (yəni təbii qaz və neft məhsullarından istifadə olunmadan) enerji qurğusunun qiyməti ənənəvi stansiyalarla rəqabət apara biləcək səviyyədədir. Bundan əlavə tullantılardan alınan məhsulların (odun külü, biokübrə, odun kömürü, məişət qazı və s.) realizə edilməsi də enerji istehsalının maya dəyərini azaldır.

FƏSİL V

QEYRİ - ƏNƏNƏVİ (BƏRPAOLUNAN) ENERJİ MƏNBƏLƏRİ

GİRİŞ

Üzvi yanacaq eytiyatlatlarının getdikcə tükənməsi və dünyada ekoloji vəziyyətin pisləşməsi ilə qeyri-ənənəvi energetika sahəsinin əhəmiyyəti daha da artırmışdır. Aparıcı ekspertlərin qiymətlənləndirilmələrinə görə ənənəvi enerji mənbələrinin yaratdığı ekoloji fəlakətlər, əvvəllər qeyd olunduğu kimi bu 100 illər sonra deyil, artıq 40-50 ildən sonra özünü ciddi şəkildə biruzə verəcəkdir. Hətta demək olar ki, bu, praktiki olaraq dünyanın bir çox yerlərində artıq bu gün də baş verir. Lakin, bu proses özünü fluktasiya və qeyri-müntəzəm şəkildə göstərir. Təəssüf ki, dünya əhalisinin çox hissəsini yaxınlaşmaqda olan energetik problemlər və bu problemlərdən irəli gələn ekoloji fəlakətlər düşündürmür. Doğrudur, son illər keçən XX əsrdə yerin altında yerləşən enerji resurslarının – kömürün, neftin, qazın yarısından çoxunun çıxardılaraq yandırılmasının nəticələri ilə bağlı insanlar arasında müəyyən həyəcan hiss olunur. Yaranmış vəziyyət energetikləri və siyasətçiləri ənənəvi enerjiyə alternativ energetikanın və enerji resurlarının qənaəti yollarının axtarışına vadar etmişdir. Bunun nəticəsidir ki, 2015-ci ildə ekoloji fəlakətin qarşının alınması məqsədilə Parisdə təşkil olunmuş konfransda qəbul olunmuş Saziş 197 ölkə tərəfindən imzalanmışdır. Bir sözlə, son yüz ildə bəşəriyyətin surətli inkişafına təkan verən, elektrik enerjisinin ənənəvi növlərinin inkişafı bərpaolunan enerji mənbələri əsaslı stansiyalara nisbətən geridə qalır.

5.1. HİDROELEKTRİK STANSİYALARI

5.1.1. Sudan istifadənin tarixi

Hər zaman su insanların həyatını və məhsuldar qüvvələrin inkişafını təyin edən ən vacib amil olmuşdur (*şəkil 5.1*).

Sudan istfadə ilə bağlı qədim və müasir insanlar qarşısında duran hədəfi müqayisə etsək, görərik ki, əsrlər keçsə də onlar dəyişməyib. Hədəfləri növbəti ümumi formada ifadə edə bilərik: su obyektlərinin mənimsənilməsi və tənzimlənməsi. Ancaq bu ümumi məqsəd çərçivəsində görülən vəzifələr çox genişlənmişdi. Minilliklər boyu əkinçilik üçün su ehtiyacları, yaşayış məntəqələrinin su təchizatı, daşqından qorunma və su obyektlərinin nəqliyyat məqsədləri üçün istifadəsi ilə yanaşı bir çox başqa vəzifələr ortaya çıxmışdır. Məsələn, sənaye su təchizatı, istilik enerjisi, istirahət, çirkab sularının təmizlənməsi, balıqçılıq, meyvəçilik, sualtı mədən və s.

Sivilizasiyanın inkişafı, yeni fəaliyyət sahələrinin yaranması ilə insanların getdikcə daha çox suya ehtiyacı olmuşdur. Sivilizasiyanın inkişafı adambaşına istehlak edilən suyun həcmi ilə ölçülə bilər. İndi dünyanın ən inkişaf etmiş ölkəsində - ABŞ-da adambaşına gündə təxminən 7000 litr su istehlak olunur, bəzi inkişaf etməkdə olan ölkələrdə isə bu göstərici 30 litrdən çox deyil, yəni 200 dəfə azdır. Daş dövrü adamı, yəqin ki, gündə 10 litrdən az su istehlak edirdi. Lakin, qədim Roma dövlətinin intibah dövründə bir adam gündə 700 litrə qədər su istehlak etmişdir, yəni bir sıra inkişaf etməkdə olan ölkələrin və Roma sakinlərinin Orta əsrlərdə istehlak etdiklərindən çox. İmperator Trayan hakimiyyəti dövründə (98-117 il), 1 milyon Roma əhalisinin hər sakini gündə 1000 litrə qədər su istifadə edirdi (1968-ci ildə cəmi 475 litr olmuşdu). Buna görə, suyun istehlak səviyyəsi ilə, sivilizasiyaların,

ölkələrin və şəhərlərin yüksəlişini və tənəzzülünü qiymətləndirmək olar.



Şək. 5.1. Şəlalələr su enerjisinin gücünü təcəssüm etdirir.

Arxeoloji tapıntılar və qədim yazı mənbələri antik dövrdə suvarma və hidravlik qurğuların geniş yayılması haqqında təsəvvür yaradır. Misirdə, Hidistanda, Mesopotamiyada 7-8 min il əvvəl daşqından yaşayış məntəqələrinin qorunması üçün bəndlər inşa olunmuşdur. Təqribən 6 min il əvvəl Çindəki Sarı çay vadisində süni suvarma sahələri ilə əhatə olunmuş ilk şəhərlər meydana çıxmışdı. 5-6 min il əvvəl Şumer və Akkad dövlətlərində Dəclə və Fərat çaylarının tənzimlənməsi işləri aparılmış, böyük kanallar inşa edilmiş, bunlar təkcə suvarma üçün deyil, həm də yaşayış məntəqələrini su təchizatı və nəqliyyat sistemləri üçün istifadə edilmişdir. Bu işlərə su istifadəsini tənzimləyən qanunların yaranmasını zəruri etmişdir.

3500 il əvvəl tərtib edilmiş Assuriya qanunlar məcəlləsinin maddələrinin birində deyilirdi: "Hər kəs öz sahəsində iş görsün və sahələrini suvarsın" [42,43].

Qeyd etmək yerinə düşər ki, Dünyada ən qədim su tikilisi Misirdə firon Menes (təxminən e.ə. 3000) tərəfindən inşa edilən 15 metr hündürlükdə olan Koşiş bəndidir. Digər, Misirdəki Sad Əl - Kafar bəndi təqribən 4,600 il əvvəl inşa edilmişdir. Maraqlıdır ki, bu anbar suvarma üçün nəzərdə tutulmamışdı. Alimlərin fikrincə, tökmə üsulu ilə yaradılan su anbarı yerli mərmər karxanasına xidmət etmişdir [43].

Eramızın son minilliyi hidrotexnika sahəsinin çiçəklənmə dövrü hesab olunur. Bu dövrdə bir çox hidrotexnikı qurğuların qalıqları müasir dövrümüzə qədər gəlib çıxmışdır. Su ilə əlaqəli bir sıra ixtiralar,su dəyirmanlarının istifadə olunmağa başlanması bu dövrə aid edilir.İlk belə dəyirmanlar Urartu əyalətində olmuşdur. Urartu dəyirmanının daşlarından biri Tiflis muzeyində saxlanılır. Böyük bir suvarma sistemlərinin mövcud olduğu qədim Yunanıstanda istifadə olunan bir qollu su qaldırma çarxı və Arximed vintindən istifadə edilərək, kran tipli su qaldıran bir quruluş həmin dövrdə meydana çıxmışdır.

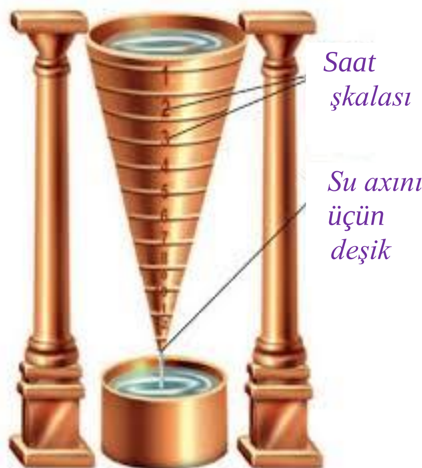
Süni suvarma və yaşayış məntəqələrinin su təchizatı ümumiyyətlə vahid sistem olaraq baxılırdı. Lakin, şəhərlərin və şəhər əhalisinin artması ilə yaşayış məntəqələri üçün ayrıca su təchizatı sistemlərinin qurulmasına ehtiyac yaranmışdır. Bu, adambaşına su istehlakı artımında ikinci sıçrayış olmuşdu. Su təchizatı sistemləri daxili ehtiyacları, habelə əl işləri istehsalı kimi digər məişət ehtiyaclarını ödəmək üçün istifadə edilmişdir. Məşhur əfsanəvi Babil Kraliçasının sifarişi ilə qurulan Assuryadakı Ekbağan su kəməri çox yaxşı məlumdur. Əhalisi 200 min nəfərə çatan Afina, 8 su borusuna sahib idi. Romada ilk su təchizatı miladdan əvvəl 313-cü ildə qurulmuşdur. Eramızın əvvəlində 9 su borusu bir sakinə 88 vedrəyə qədər su verirdi, bu gündə təxminən 700 litr edirdi. XIX əsrin sonlarında gündə adam başına 12,5 vedrə su istehlakı ideal hesab olunurdu, bir

nəfərin orta hesabla istehlakı gündə 5.5-6.75 vedrə, yəni təqribən 40-50 litr olduğu güman edilirdi. Romalıların hidravlik qurğuların tikintisində böyük uğurları, onlar tərəfindən betonun və keramik su borularının kəşfindən sonra mümkün oldu.

Praktiki problemlərin yaranması və onları həll etmək cəhdləri ilə bərabər hidrologiya elmi ortaya çıxdı - Amerikalı hidroloq Raymond Neissin fikrincə, bu elmin yaşı 5000-dir. Əvvəlcə bu, sadəcə suvarma işlərinin toplanmış təcrübəsi idi. Məhz 5000 il əvvəl, Misirlilər hər il daşqının maksimum hündürlüyünü Nil üzərindəki daşlara, quruluş divarlarına, sahil pilləkənlərinə qeyd etməyə, sonra isə çayla birbaşa əlaqəli xüsusi quyular yaratmağa başladılar. Gələcək məhsul sel sularının hündürlüyü ilə qiymətləndirilməyə başlanıldı.

Eyni zamanda, hidravlikanın əsasları yarandı - tarazlıq və suyun hərəkəti qanunları. Arximed qanununu xatırlayaq? Su, vaxtı ölçmək üçün istifadə edilməyə başladı - su saatı olan klepsidra ("klepsydra" yunan dilində, "su saatı" kimi tərcümə olunur) icad edildi. İsgəndəriyyədən olan məşhur Ctesibiya çox mürəkkəb su mexanizmləri yaratmağı nail oldu (*şəkil 5.2*).

4-cü əsrdə Romanın süqutundan sonra Avropada orta əsr durğunluq və tənəzzül dövrü başlandı, Yunan və Roma mədəniyyətinin bir çox uğurları unuduldu və Vitruviyanın əsəri yalnız 1500 ildən sonra oxundu və şərh edildi. Bir çox Avropa ölkələrindəki suvarma sistemləri çökdü, su təchizatı sistemləri məhv edildi. Çirklənmiş su, çirkli orta əsr şəhərlərində kəndlərə yayıldıqları yerlərdə dağıdıcı epidemiyalara səbəb oldu. Bütün şəhərlər və ərazilər yox oldu. Və o dövrdə hələ kəşf olunmamış Amerika qitəsində Asteklər öz hidrotexniki qurğularını qurdular, şəhərlərin su təminatını məharətlə təşkil etdilər, daşqınlardan qorudular.

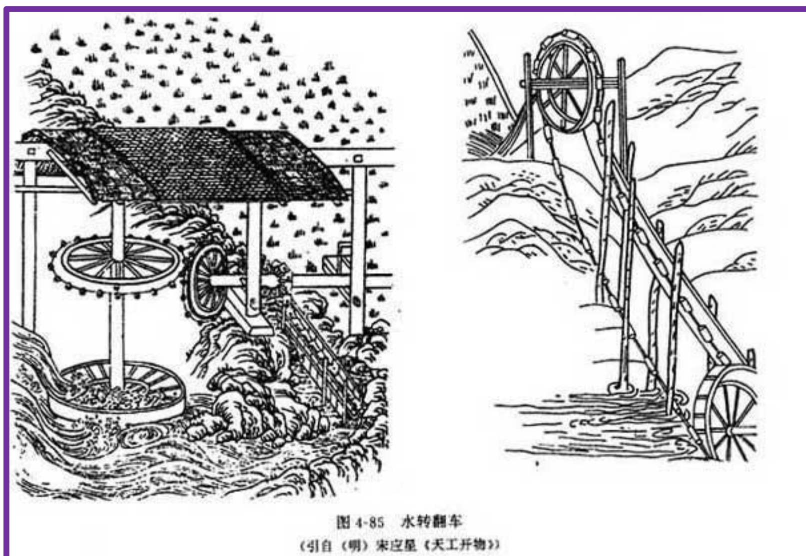


Şək. 5.2. Klepsidra – Ktesibiya (mənbə:SiteKid.ru)

5.1.2. Su çarxı və onun təkamülü

İlk hidravlik qurğular insanın onu əhatə edən təbiətlə qarşılıqlı əlaqəsinin ilkin formalarını əks etdirirdi. Suqaldırıcı qurğular ilkin su mühərriklərinin sadə bir forması idi. İlk su çarxları eramızdan əvvəl üçüncü minillikdə istifadə edilməyə başlanılmışdır. Misir, Çin, Hindistan və digər ölkələrdə onların istifadəsi haqqında məlumatlar Strabonun "Coğrafiyası" (e.ə. 63 - e.ə. 24), on yeddi kitabda, Vitruviyanın "Memarlıq mövzusunda on kitab" (e.ə. I əsrin ikinci yarısı) əsərində verilir. Su çarxının ən qədim kostruksiyaslnda su çarxı, onun aşağı hissəsinə təsir etməklə hərəkətə gətrilirdi (*şəkil 5.3*) [42].

Qədim yunanlar başa düşürdülər ki, fırlanan su çarxları yalnız qaldırma funksiyasına malik deyil, o, eyni zamanda oxu hər hansı bir mexanizmə bağlıdırsa, digər faydalı işləri də yerinə yetirə bilər. Qədim Yunanıstanda və Romada dəyirman daşlarını döndərmək üçün su çarxları artıq istifadə olunmağa başlanılımışdı.



Şek. 5.3. Çin su çarxı (mənbə: Sun İnsina ensklopediyası – “Tyan qun kayu”)

Qədim Romada artıq II əsrdə su dəyirmanları demək olar ki, hər yerlədə tətbiq olunurdu, onların köməyi ilə daha çox işlər görülürdü. Su çarxları həm yağları çıxarmaq, həm də meyvələri sıxmaq üçün istifadə olunurdu.

Min illik tarixi olan Bende Emirinin (İran) inteqrasiya edilmiş su anbarı hələ də fəaliyyətdədir [44].

Hidrogüc qurğularının sayının artması, toplanan təcürbə, əsası isə çaylarda davamlı böyük su axınlarının olmaması su energetik resurslardan daha səmərəli istifadəni şərtləndirirdi. Su bəndlərinin və derivasiya kanalarının tikintisi hidroresursların daha effektik istifadə olunmasına imkanlar yaratdı. Fransada, III - IV əsrlərdə inşa edilmiş Arles yaxınlığındakı 16 su dəyirmanının kaskad qalıqları qorunub saxlanılmışdır. Su dəyirmanları burada XI -XIV əsrlərdə geniş istifadə olunurdu. İngiltərədə VIII əsrdə bir su dəyirmanı meydana gəldi və 1086-cı ildə Trent və Severndə 5624 dəyirman qeydə alınmışdır.

Su çarxlarını hərəkətə gətirmək üçün həm də suyun qabarma qüvvəsindən də istifadə edildi. Qabarma dəyirmanları XI əsrdə Adriatik sahillərində, eləcə də İngiltərə və Fransada meydana gəldi. Belə ki, İngiltərədə Deben çayının ağzında hələ də dəyirman mövcuddur.Bu barədə ilkin qeydlərə 1170-ci ildə Woodbridge Parishinin yazılarında rast gəlmək olar.

Orta əsrlərdə su enerjisi istehsalın bütün növlərində əsas enerji mənbəyinə çevrilirdi.

Artıq XII əsrin sonlarında Nürnberqdə yun dəyirmanları geniş yayılmışdı, içərisində metal barmaqları olan yun çubuğunu qaldırmaq üçün su çarxı ilə hərəkətə gətirilən vasitədən istifadə edilirdi. 1351-ci ildəki ixtira dəmir məftil istehsalı üçün ilk su dəyirmanına aid idi. 1245-ci ildə Villars de Onnekur'un əlyazmasında su çarxı ilə idarə olunan ilk mişar təsvir edilmişdir.

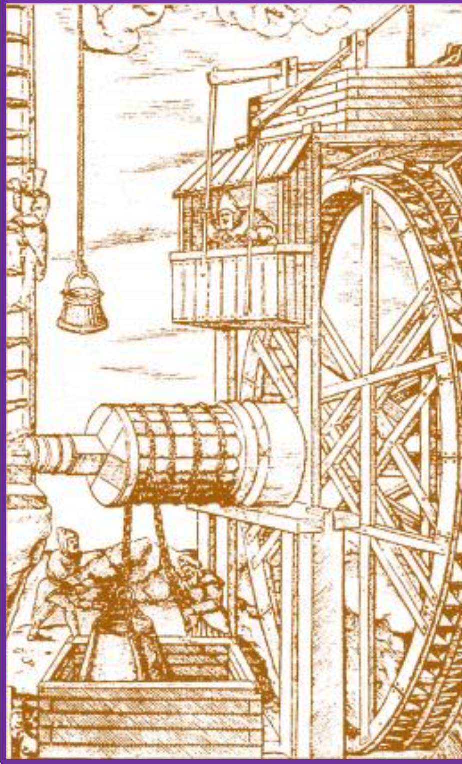
1553-cü ildə, `su axınının aşağı hissəsində insanlar tamamilə yeni bir "möcüzə" kimi görünən "Svaz maşın"ı qarşılaşdılar (maşının adı quraşdırıldığı yerin adı ilə bağlı idi - Avstriyanın Alp dağlarında, Tiroldakı Schwaz mədəninin adı ilə adlandırılmışdır). Su çarxı iki sıra pərdən ibarət nəhəng bir qurğu idi (*Şəkil 5.4*). Pərlər bir-birinin əksinə yerləşdirilmişdir. Bu isə çarxın həm irəli, həm də geriyə dönməsinə imkan veriridi. O, valın üstündə, qayada kəsilmiş bir girintidə yerləşdirilmişdir. Qaya və qazıntıları yuxarı qaldıran nəhəng taxta çəlləklərin tutumu 1400 litr olan hər biri iki öküz dərisindən tikilmiş iki kəmərlə hərəkətə gətrilirdi. 1610-cu ildə ikinci bir su qaldırma maşını işə salındı. 1650-ci ildə Şvaçda su çarxının eninə diametri 11 metr olan yeni bir su qaldırma maşını quraşdırıldı. 1740-cı ilə qədər məhsuldarlığı gündə 13 min kubmetrə çatdırıldı.

250 ilərzində Londonda su təchizatı 1583-cü ildə Alman mühəndis Piter Moris tərəfindən inşa edilən qabarma dəyirmanı vasitəsilə həyata keçirilmişdir. 1685-ci ildə Fransada Sena çayının üzərində Versal sarayının və kral parkının fəvvarələrinin qidalanması üçün diametri 12 metr olan 14 su

çarxı quruldu. Bu qurğular sutka ərzində 3000 kubmetr suyu 162 metrə qədər qaldırmağa imkan veriridi.

XVIII əsrin birinci yarısında. nəhəng su çarxları quruldu. Şotlandiyada Greenockda çayın ağzında diametri 21 m-dən çox və eni təxminən 4 m olan bir dəmir su çarxı istifadəyə verildi.

Tədricən, su çarxının quruluşu təkmilləşdirilir və suyun enerjisini mexaniki enerjiyə, məsələn, fırlanan hidravlik mühərriyə çevirilərək fabriklərdə əsas istifadə olunan avadanlığa çevrilirdi.



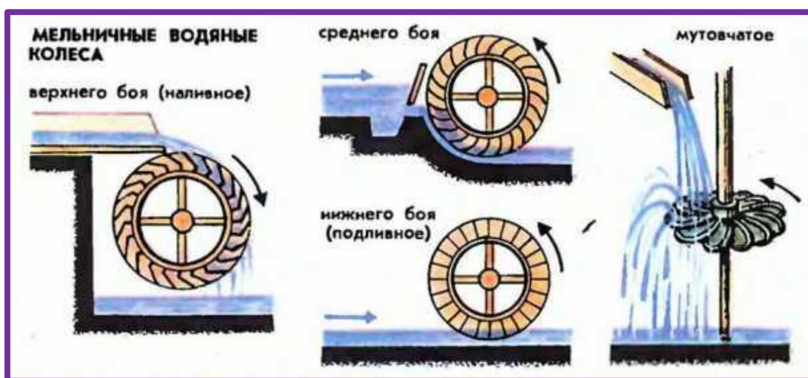
Şək. 5.4. Şvaç maşını [45]

Elm araşdırmalar, əyri bıçaqların düz olanlardan daha effektlii olduğunu göstərdi, çünki səmərəliliyi artıran, suyun zərbəsiz qurğunun girişinə verilməsi; əyri pərləri olan metal su çarxları geniş istifadəsinə başlanıldı.

XVII - XIX əsrlərdə sənaye inqilabı dövründə, Qərbi Avropanın sənaye bölgələrində, eləcə də Rusiyada su təchizatı, su nəqliyyatı üçün çox sayda su anbarı tikilir və su enerjisindən istifadə edilərək mexaniki enerjiyə artan tələbləri ödəyirdilər. Su çarxları fabriklərdə, mədənlərdə, sürücülük nasoslarında,

çəkicdə, üfürücü körüklərdə, arabalarda, filiz qaldırıcıda və digər mexanizmlərdə istehsalın bütün növlərində geniş istifadə olunur, şəhərləri su ilə təmin edirdi.

Su çarxları suyun axınına nəzərən bir neçə vəziyyətdə qurulurdu: aşağıbasqılı – böyük su surətinə malik çaylarda, ortabasqılı və yuxarıbasqılı qurğular daha yüksək FİƏ-nin əldə olunmasına (75%) şərait yaratdı (*Şəkil 5.5*) [46]. Tətbiq olunan çarxlar yavaş sürətli(dəqiqədə 4-10 dövrə qədər) və əsasən kiçik güclü (20 at gücünə qədər) idi.



Şək. 5.5. Su çarxları: a - aşağıbsqılı; b – ortabasqılı; v – yuxarıbasqılı, q – topa tipli [46].

Tədricən, yuxarıbasqılı daha məhsuldar çarxlara keçirildi, vallar və digər hissələr üçün metal istifadə olunmağa başlandı, hidravlik mühərriyin gücünü artırmaq üçün çarxın diametri artırıldı.

Rusiyada XVI əsrdə şaquli vallı və daha yüksək sürətlə fırlanan çarxlar (aktiv hidravlik turbinin prototipi) - "topa dəyirman"ı (*Şəkil 5.5.q*) geniş yayılmışdı.

İngiltərədə Maine adlı yerdə daha böyük diametrli bir təkər quruldu. 18-ci əsrin ortalarında su çarxları hər yerə yayılmışdır.

Estoniyada, çayda Krengol istehsal edən bir su elektrik stansiyası tikildi. 1890-cı ildə ümumi gücü 6 MVt olan Narova su elektrik stansiyası dünyada ən böyük idi.

XVII - XVIII əsrlərdə yalnız su çarxı inkişaf etməkdə olan sənayenin daim artan enerji tələbatını təmin edə bilərdi. Su mühərrikləri daha güclü və təkmil oldu, səmərəliliyi 60-70% -ə çatdı. Bununla birlikdə, bütün istehsal sahələrini çayın yaxınlığında yerləşdirmək mümkün deyildi, su çarxları işləyərkən il ərzində çay axınının dəyişkənliyi səbəbindən çətinliklər yaradırdı. Aşağı surətlə hərəkət edən su çarxları qurğuların fırlanma sürətini artırmaq üçün kifayət qədər mürəkkəb dişlər tələb edirdi.

Buxar mühərriyinin ixtirası və XVIII əsrin sonlarından etibarən zəfər çalması XIX əsrin su çarxlarının istifadəsini əhəmiyyətli dərəcədə məhddulaşdırdı. Su çarxlarının hidravlik turbin şəklində yeni bir əsasda qayıdışı XX əsrdə, elektroenergetika dövrünün başladığı və su dəyirmanını su elektrik stansiyasının əvəz etdiyi dövrdə baş verdi.

5.1.3. Hidroturbinlərin inkişaf mərhələsi

Qədim yunan mütəfəkkiri Aristotelin (e.ə. 384-322), böyük riyaziyyatçı və mexanik Arximedin (e.ə. 287-212) əsərlərində əks olunan su enerjisindən istifadə qanunları elm adamları və filosoflar üçün maraqlı idi.

Arximed bütün dövrlərin ən parlaq elm adamlarından biri olmuşdur. Gözəl riyaziyyatçı, görkəmli mühəndis və riyazi fizikanın atası idi. Arximed dövrünün elmindən o qədər irəlidə idi ki, həqiqətən onun bəzi əsərləri Avropada yalnız 18 əsrdən sonra başa düşüldü, burada yeni riyaziyyatın yaradıcıları, sonsuz kiçik təhlili onun riyazi əsərləri üzərində tədqiq edirdi. Təəssüf ki, onun yazılarından, ixtiralarından və cihazlarından yalnız bir qismi bizə çatmışdır. Onlardan “Top və silindr haqqında”, “İki müstəvinin tarazlığı haqqında”, “Dairənin ölçülməsi haqqında”,

“spirallar haqqında”, “Parabolanın kvadratı haqqında” və s. qeyd etmək olar. Arximed qüvvənin mexaniki momenti anlayışının tərifini verdi. Arximedin cazibə mərkəzi haqqındakı təlimləri bu gün də aktualdır və texnologiyanın müxtəlif sahələrində - mühəndislik, gəmiqayırma, aeronavtika, memarlıqda istifadə olunur.

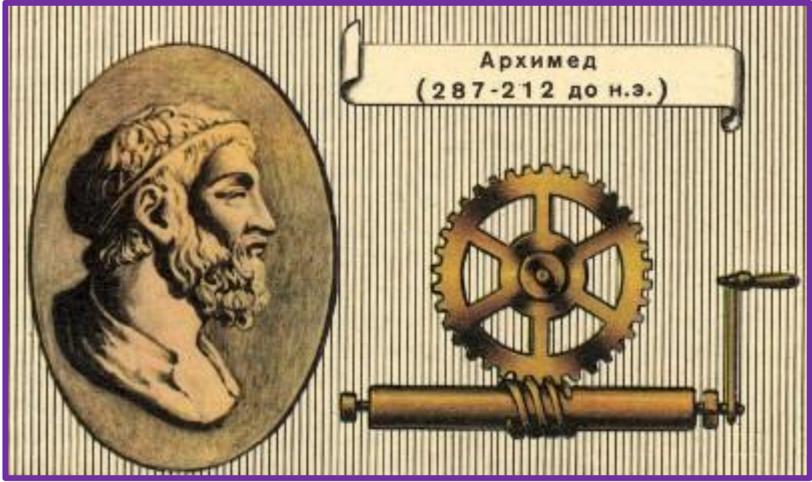
Arximed statika və hidrostatikanın əsaslarını inkişaf etdirdi, xüsusi çəki anlayışınının tərifini verdi. Onun mayenin itələyici qüvvəsinə dair məşhur qanunu “Üzən cisimlər haqqında” xüsusi bir yazıda izah edilmişdir.

Arximed qanununun özü belə bir şəkildə tərtib edilmişdir: "Sudan yüngül cism maye içərisinə batırıldıqda, o suya o qədər batır ki, cismin suya batan hissəsinə uyğun olan mayenin həcmi bütün cismin çəkisinə bərabər çəkiyə malik olsun." Bu qanunun ixtirası, hazırlanan gəminin daşıma qabiliyyətini təyin etməyə imkan verdi. Bunun üçün yalnız müəyyən dərinliyə batırılan gəminin sıxışdırıb çıxartdığı suyun həcmini hesablamaq lazımdır. Gəminin özünün çəkisini sıxışdırılıb çıxarılan suyun çəkisindən çıxmaqla,daşına bilən yükün çəkisini təyin etmək olar. Lakin bunun dayanıqlığını hələ təyin etməlisiniz. Bunu dərk edən Arximed, üzən cisimlərin tarazlığının dayanıqlığından asılı olan şərtləri nəzərdən keçirdi. Bu qanun gəmilərin elmi layihəsinin əsasını təşkil etdi.

Arximed sözün geniş mənasında ilk mühəndislərdən biri kimi, suyun qaldırılması üçün "Arximed vinti" adlandırılan maşın icad etdi (*şəkil 5.6*). Ağırlıqları qaldırmaq üçün ilk dəfə Arximed qolları və blokları istifadə etməyə başladı.

Arximed bir neçə praktik ixtiraların müəllifi idi. Onlardan bəziləri bizə yaxşı məlumdur. Məsələn, onun bir vint ideyası indi nasoslarda, vintlərdə və sadə ət dəyirmanlarında istifadə olunur. Arximed vintindən antik dövrdə istifadə edilmişdir? Bu sualın cavabı qədim yunan səyyahı, tarixçi və coğrafiyaşünas Strabonun əsərlərindən birində tapılır (e.ə. 63 - e.ə. 24).

O, 25-ci ildə Hindistana yol axtaran bir ekspedisiya tərkibində Misirə səfər etdi. Onun yazılarında suyun Nildən hərbi istehkama necə verildiyi təsvir olunur. Bu qurğuda 50 qul tərəfindən əl ilə fırlanan Arximed taxta vintləri quraşdırılmışdır və su yüksəklikdə qazılmış başqa bir kanala verilirdi.

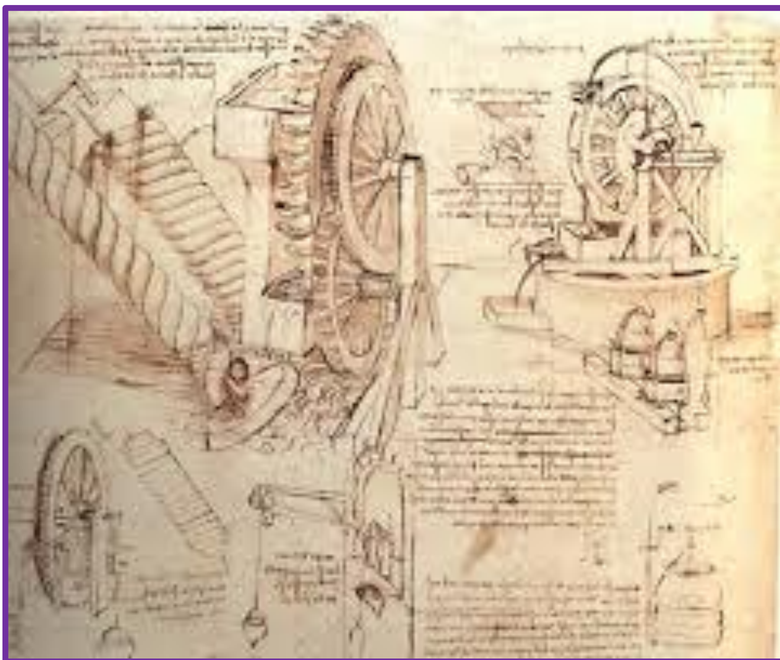


Şek. 5.6. Arximed və "Arximed vinti"

Sənaye inkişafı, XV - XVI əsrlərdə yeni praktik biliklərin toplanması intibah dövründə insan düşüncəsinin yüksəliş və enişlərinə səbəb oldu. Bu dövrdə müasir elmin əsasları qoyuldu. Su mühərriklərinin təkmilləşdirilməsində və hidravlik turbinlərin yaradılmasında ən vacib rolu hidravlika və hidravlik mühərriklər nəzəriyyəsi sahəsində elmi tədqiqatlar oynadı.

Hidravlika, hidravlik mühəndislik və hidravlik mühərriklərin inkişafına misilsiz töhfə, parlaq italyan rəssamı, alimi və mühəndisi, intibah dövrünün sənət və elmin ən görkəmli nümayəndələrindən biri olan Leonardo da Vinçi (1452–1519) olmuşdur. O kəsilməzliyin hidrodinamik prinsipini ifadə etdi, birləşmiş qablarda mayenin tarazlığını təsvir etdi və hidrostatikanın əsas qanununun - Paskal qanununun kəşfinə

yaxınlaşdı. Leonardo da Vinçi hidravlika və hidravlik maşınlar üzərində tədqiqatlarını su boruları, kanallar, suyun özü və su ilə idarə olunan maşınlar da daxil olmaqla bir sıra kitablardan ibarət su haqqında bir risalədə ümumiləşdirmək niyyətində idi. Onun əlyazmalarında bir çox qeyd, eskiz (*şəkil 5.7*) və bu işin tamamlanmadığı mücərrəd bölmələri var. Leonardo da Vinci, nəzəriyyə olmadan təcrübənin mümkün olmadığına inanırdı:



Şəkil 5.7. Hidravlik maşınların təsvirləri (Leonardo da Vinçi. Milan)

"Elm olmadan təcrübəyə aşiq olmaq - bir rul və ya kompas olmadan gəmiyə addımlayan adam kimi; o, hara getdiyini heç bilmir ”.

XVI əsrdə "Pirotexnika" kitabı Siena metallurgiya zavodunun rəhbəri Vannoccio Biringuccio tərəfindən nəşr

olundu və bu kitabda olduqca böyük su çarxı təsvir edildi: "Bəziləri suyun yerləşdiyi yerdən və miqdarından asılı olaraq diametri 6, 7, 8 m^3 olan çəlləkli çarxlardan istifadə edir."

Məhz bu illərdə su çarxları, havavuran və müxtəlif dəyirmanları təsvir edən texnologiya üzərində işlərin nəşrinə başlanıldı. 1556-cı ildə ən böyük alman alimi Georg Aqrikolının (1494-1555) 12 kitabdan ibarət "Mədən və metallurgiya haqqında" adlı monoqrafiyası ortaya çıxdı.

Əsərlər xüsusi olaraq su çarxlarına həsr olunurdu. 1737-ci ildə Fransız mühəndisləri çarxların istifadəsini yox, həm də nəzəriyyələrinin, hesablama metodlarının və layihəsinin elementlərini araşdırırdı. İngilis mühəndis Smiton su təkərlərinin modelləri ilə təcrübələr aparır və bir sıra yeni həllər təklif edirdi.



Daniel Bernulli (1700 - 1782)



leonard Eyler (1707 – 1783)

1738-ci ildə "Hidrodinamika" adlı klassik əsərini nəşr etdirən İsveçrə alimləri D. Bernulli və 18-ci əsrin ortalarında çıxış edən L. Eyler hidravlik turbinlər nəzəriyyəsi ilə əlaqədar

vacib tədqiqatlar, maye hərəkətinin əsas tənliklərini çıxartdı, istiqamətləndirici aparat ideyasını dilə gətirdi və əsaslandırdı.İlk reaktiv hidravlik turbinin istiqamətləndirici aparatı ilə layihəsini təklif edərək, hidravlik turbinlərin yaradılması üçün nəzəri əsasların inkişafına böyük töhfələr verdilər.

İlk hidravlik turbin 1750-ci ildə macar alimi J. Segner tərəfindən inşa edilmişdir. XIX əsrin birinci yarısında artıq praktik hidravlik turbinlər istehsalı gündəlikdə idi. Belə ki, 1827-ci ildə fransız mühəndisi B. Furneyron 1834-cü ildə istehsalatda istifadə olunan radial mərkəzdənqaçma reaktiv turbin quraşdırdı. Bir çox ölkələrin mühəndis və alimlərinin birgə səylərinin nəticəsi ilk praktik hidravlik turbinin yaradılması oldu.

1837–1841-ci illərdə Fransız mühəndis Jonval və Alman mühəndis Hentel demək olar ki, eyni vaxtda aksial reaktiv turbin hazırladılar, 1849-cu ildə Amerika mühəndisi D. Frensisin radial-aksial reaktiv turbini meydana çıxdı, 1880-ci ildə Peltonun çəlləkli aktiv turbini, 1912-ci ildə isə V. Kaplanın dönər – pərli reaktiv turbini yaradıldı. Bu turbin layihələri müasir hidravlik turbinlərin əsasını təşkil etmişdir.

Almaniyada Laufen şəhərində Nekkar çayı üzərində gücü 220 kVt olan dünyanın ilk sənaye tipli su elektrik stansiyası tikildi. Bu stansiya 1891-ci ildə rus mühəndis M.O Dolivo-Dobrovolskinin rəhbərliyi altında inşa edilmişdir. Azərbaycanda Gədəbəyin mədənlərinin elektrik enerjisi ilə təmin etmək məqsədilə 1892-ci ildə Qalaçıq su elektrik stansiyası istifadəyə verildi [7]. Eyni ildə Rusiyada (Altayda) 1892-ci ildə Berezovka çayında mühəndis Koksharovun rəhbərliyi ilə 150 kVt gücündə su elektrik stnasiyası istismara daxil edildi.1898-ci ildə Almaniyanın Reinfeld şəhərində 3,2 m su sütunu basqılı 16,8 MVt gücündə böyük bir su elektrik stansiyası inşa edildi. 1900-cü ildə ABŞ-da 41,2 m su sütunu basqılı 500 min at gücünə malik Adams Niagara su elektrik stansiyası istifadəyə verildi.

XX əsrin əvvəllərində su elektrik stansiyaları Qərbi Avropa, Rusiya, Azərbaycan, ABŞ, Braziliya, Yaponiya və digər ölkələrdə tikilirdi. Dünyanın bir çox ölkəsində bərpa olunan su enerjisi ehtiyatlarından istifadə edilərək geniş su elektrik stansiyalarının inşası davam etdirilirdi. XX əsrin əvvəllərində dünyada su elektrik stansiyalarının ümumi gücü təxminən 1 milyon kVt, XXI əsrin əvvəllərinə isə 2650 milyard kVt / saat elektrik enerjisi istehsalı ilə 670 milyon kilovatt təşkil edirdi. Böyük hidravlik turbinlərin gücü 0,8 milyon kVt-a çatır, işçi çarxının diametri isə 10 m təşkil etmişdi.

Su çarxı - min illər boyu insanlara sədaqətlə xidmət edən ən köhnə mühərrik hidravlik turbinlə əvəz edildi.

Görünüş olaraq, hidravlik turbin su çarxından onunla fərqlənir ki, su onun çarxlarından (bıçaqlar arasında) keçir və su çarxını daxil olduğu yerdə eyni hissədə buraxır. Eyni zamanda, hidravlik turbin, kompaktlıq, yüksək sürət, yüksək məhsuldarlıq və yüksək güc də daxil olmaqla su çarxı ilə müqayisədə əhəmiyyətli üstünlüklərə malikdir.

Su elektrik ehtiyatlarından istifadənin əsaslı yeni mərhələsi sivilizasiyanın inkişafında, insanların yaşayış şəraitinin yaxşılaşdırılmasında kəskin irəliləyişlər təmin edən elektrik enerjisi istehsalı sənayesinin inkişafı ilə əlaqədardır.

Su elektrik stansiyası su enerjisinin əsasən su elektrik stansiyalarında elektrik enerjisi istehsalı üçün istifadəsi ilə əlaqəli bir elektrik enerjisi sənayesidir.

XIX əsrin sonunda hidroenergetikanın inkişafı üçün lazımi şərait təmin edildi: yüksək səmərəliliyi və nisbətən yüksək gücü ilə xarakterizə olunan səmərəli hidravlik turbinlər yaradıldı; təkmilləşdirilmiş dəyişən elektrik generatorları yaradıldı; praktikiada elektrik enerjisinin uzaq məsafəyə ötürülməsi tətbiq olundu.

Qədim Roma filosofu Seneka (e.ə. 4 - 65 e.ə.) yazırdı: "Bəzi işlərin böyüklüyü, vaxtında olduğu qədər ölçüdə deyil".

5.2. GÜNƏŞ ELEKTRİK STANSİYALARI

Günəş enerjisi utilizasiya baxımından bərpaolunan enerji mənbələrinə aiddir. Günəş enerjisini hasil etmək və daşımaq lazım deyil, o, çəkisiz, səssizdir və bir qayda olaraq utilizasiyası zərərli tullantılar yaratmır və planetin istilik balansını pozmur. Günəş enerjisinin qeyd olunan bu və digər xüsusiyyətləri onu XXI əsrin enerji strategiyasında əsas mənbələrdən biri olduğuna işarə edir.

Bu strategiya yerüstü və kosmos əsaslı sənaye tipli günəş elektrik stansiyalarının yaradılmasına, həmçinin avtonom istilik enerji istehsalını təmin edən paylanmış strukturlu kiçik günəş modullarının tikintisinə əsaslanmışdır. Əksər ölkələrdə günəş enerjisi əsaslı enerji mənbələrinin yaradılması ilə bağlı atılan uğurlu praktiki addımlar bu strategiyanın optimallığını təsdiqləyir.Dünyanın müasir inkişaf tendensiyası hər onilliklərin sonunda günəş enerjisindən istifadənin orta hesabla on qat artdığını göstərir.

XXI əsrin insanı günəş enerjisi haqqında biliyə nail olmaq üçün minimum nəyi öyrənməlidir? Dörd prioritet istiqaməti qeyd etmək olar: (i) bəşəriyyətin Günəş sistemi haqqında tarixi bilikləri, (ii) günəş enerjisinin insanların ehtiyacları üçün istifadəsinin ilkin dövri ilə tanışlıq, (iii) günəş radiasiyasının qlobal yanacaq enerji balansına töhfəsini artırmaq üçün lazım olan şərtlərin öyrənilməsi və (iv) günəş enerjisi qurğularının köməyi ilə günəş enerjisindən istifadənin ən vacib metod və prinsipləri haqqında biliklər.

5.2.1. Günəş enerjisindən istifadənin təkamülü

Yüz illər boyu insanlar kainatın həyatını və qanunlarını öyrənməyə və anlamağa səylər göstəmişdilər. Elmi düşüncənin inkişafı ilə Günəş sistemi haqqında biliklər də inkişaf etdi.

Kainatın ilk modelinin - dünyanın geosentrik sisteminin (b.e.ə. IV - II əsr) meydana çıxması qədim yunan alimləri Platon,

Evdoks (b.e.ə. 408-355), Aristotel və Hipparxın (b.e.ə. 190 - 125) adları ilə əlaqəlidir. II əsrdə kainatın geosentrik nəzəriyyəsinin son forması Ptolemey Klavdiy tərəfindən verildi [47]. Kainatın geosentrik sistemində Yer (yunanca "geo" - yer) onun hərəkətsiz mərkəzi hesab olunurdu. Ptolemeyin nəzəriyyəsinə görə, Yer kürəsinin ətrafında bütün göy cisimləri bərabər və fasiləsiz fırlanır (*Şəkil 5.8*) [48].



Şek. 5.8. Ptolemeyə görə kainatın qeosentrik sistemi [48].

Ptolemey planetlərin mürəkkəb hərəkətlərini epitsikl nəzəriyyəsinə əsaslanaraq izah edirdi. Planetlərin hər biri, Ptolemeyə görə, hər - hansı nöqtə ətrafında fırlanır. Bu nöqtə, öz növbəsində, mərkəzində Yer olan çevrə üzrə hərəkət edir.

Ptolemeyin geosentrik sistemi Yerin Kainatda mərkəzi yeri haqqında dini qurumlarla razılaşdırıldı və buna görə kilsə uzun müddət dünyanın quruluşu ilə bağlı fərqli elmi fikirlərin inkişafına mane olurdu. Uzun müddət əsrlər boyu Ptolemeyin əsas prinsipi dəyişməz qaldı.

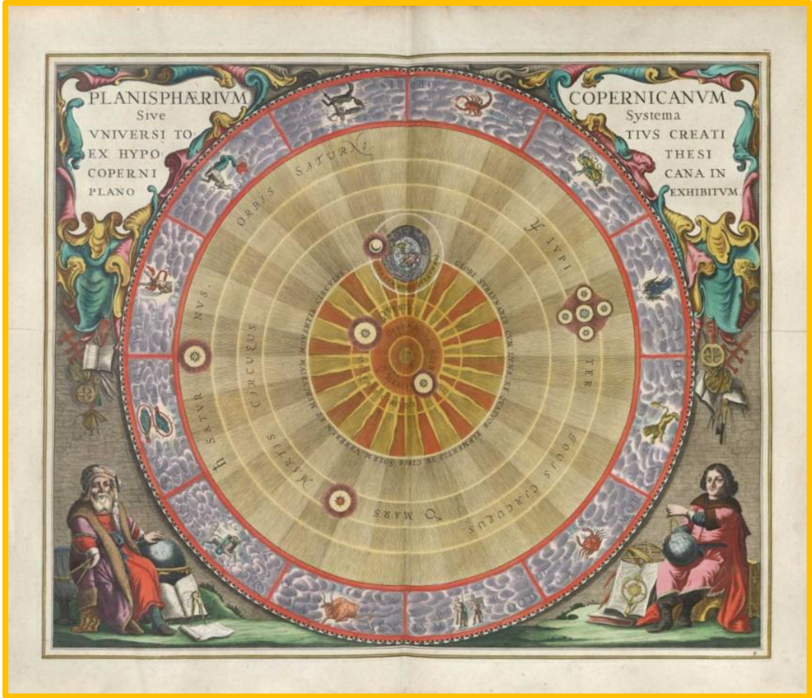
Yalnız 1500 il sonra, Nikolay Kopernik (1473-1543) dünyanın geosentrik sisteminin Kainatın həqiqi quruluşunu əks etdirmədiyini göstərdi. Düzdür, bu sistemin doğruluğuna dair şübhələr əvvəllər də mövcud idi. Beləliklə, eramızdan əvvəl III əsrdə qədim yunan alimi Samosskiy Aristarx (b.e.ə. təqribən 250 il əvvəl) Yerin Günəş ətrafında hərəkət etməsi fikrini irəli sürmüşdü. Lakin, Aristarxın müasirləri onun fərziyyəsini qəbul etməmişdilər. Və yalnız böyük Polşa alimi N. Kopernik Samosskiy Aristarxın ideyasından istifadə edərək,onun ümumi fəlsəfi fərziyyələrini ciddi bir riyazi nəzəriyyəyə çevirdi. "Göy cisimlərinin fırlanması haqqında" məşhur əsərində (1543-cü il) N. Kopernik dünyanın geosentrik sisteminin əsaslarını açıqladı (*Şəkil 5.9*). Yer 24 saat ərzində öz oxu ətrafında fırlanır. Bu fırlanma ilə ulduzların və bütün digər göy cisimlərinin gündəlik hərəkəti izah edilir. Yer Günəş ətrafında fırlanır və il ərzində tam bir dövrünü tamamlayır. Bütün planetlər də Günəş ətrafında fırlanır və müxtəlif planetlərin tam dövrləri fərqli olur. Beləliklə, planetlərin görünən döngəvari hərəkətləri sadə və təbii izahını aldı.

Yer kainatın mərkəzi yox, yalnız adi planetlər kimi, günəş sistemininplaneti kimi tanınırdı. Bu, təbiət elminin inkişafı üçün dünyanın Kopernik sisteminin mühüm inqilabi əhəmiyyəti idi.

Hazırda, Kopernikin heliosentrik sistemi günəş sisteminin təsvir edilməsi üçün istifadə olunur. Samosskiy Aristarxı isə "Qədim dünyanın Kopernikü" adlandırırlar.

Kopernikin təlimi təbiət elminin sonrakı inkişafında böyük rol oynadı. Onun nəzəriyyəsinə əsaslanaraq, I. Kepler (1571-1630) planetar hərəkət qanunlarını, İ.Nyuton (1643-11727) ümumdünya cazibə qanununu kəşf etdilər. Heliosentrik

sistem, Kainatın özünün sonsuzluğu ideyasının inkişafına xidmət etdi, Dünyanın nəzəri və təcrübi biliklərinin mümkünlüyünü göstərdi. Buna görə Kopernikin heliosentrik sistemi təbiətşünaslıq tarixinə böyük elmi inqilab kimi daxil oldu [49].



Şək. 5.9. Kopernikə görə kainatın heliosentrik sistemi [49].

XIX əsrin əvvəllərində böyük Alman filosofu I. Kant (1724-1804) və məşhur fransız fiziki və riyaziyyatçısı P. Laplas (1749-11827) günəş ətrafı qaz-toz buludunun kondensasiyası nəticəsində günəş sisteminin cisimlərinin yaranması haqqında kosmoqonik fərziyyə irəli sürdü. O.Y. Şmidt (1891-1956), F. Hoyle, A. Cameron, E. Şaçman və başqa alimlər tərəfindən

bu fərziyyə inkişaf etdirildi və XX əsrin ikinci yarısında öz təsdiqini tapdı.

Bəşəriyyətə günəş şüasının həyat verən faydası vardır. Buna görə təəccüblü deyil ki, bəşəriyyət tarixi boyunca bütün sivilizasiyanın ətraf mühitimizin bu amilinə münasibəti həmişə müsbət olmuşdu. Günəşə və onun tanrılarına ibadətin sübutları qədim zamanlardan bəri bütün dünyada tapılmışdır.

Günəş radiasiyası yalnız insan həyatı üçün əlverişli bir mühit yaratmır, insanlar onun enerjisini özlərinə xidmət etməyə yönəltməyə başladılar: paltar tikilməsi, mebel və gəmilər hazırlanmasl, heyvanların dərisinin qurudulması; yeməklərin uzun müddət saxlanılması məqsədi ilə qurudulması; buxarlanma yolu ilə sudan duzun əldə olunması və s.

Çox keçmədən Torundakı (Polşa) rəsədxananın direktoru, professor Vilhelmina İvanovska, heliosentrik sistem ideyasının 1491-ci ildə Kopernikdən hələ Krakov universitetində oxuduğu zaman irəli sürüldüyünü sübut edən bir məqalə yazdı. Sonradan həkim, hüquqşünas, mühəndis və kartoqraf olmaq məcburiyyətində qaldıqda, planetin fırlanması ideyası həmişə Kopernik üçün təkcə ciddi düşüncə obyekti deyil, həm də riyazi hesablamalar idi. Kopernik astronomik müşahidələr və qırx il ərzində hesablamalar apardı. Və yalnız bundan sonra o, öz nəzəriyyəsinin prinsiplərini açıqladı və əlyazmanı dərc elətdirdi. Lakin "Göy cisimlərinin hərəkəti haqqında" əsəri əsas ideyanı təhrif edən ön sözlə yayımlandı. Adı da dəyişdirildi. İndi Kopernikin özünün möhtəşəm kitabına hansı adı verdiyi bilinmir, çünki originalın baş səhifəsi iz qalmadan itirildi.

Bir müddət Kopernikin əməyi alimlər arasında sərbəst şəkildə yayıldı. Yalnız böyük Polşa astronomunun davamçıları ortaya çıxdıqda, inkivizasiya meydana çıxdı. Onun tədrisi qadağan edildi və kitab qadağan olunmuş kitablar indeksinə daxil edildi. Bu qadağa yalnız 1823-cü ildə, 207 il sonra aradan qaldırıldı.

İnsanlar əmək alətlərini inkişaf etdirdikcə günəş radiasiyasını digər faydalı məqsədlər üçün istifadə etməyin yeni yollarını icad etdilər. Beləliklə, eramızdan əvvəl VI əsrdə, Babildə bir günəş saatı icad edildi. Bir az sonra belə saatlar Yunanıstanda, daha sonra Romada istifadə olunmağa başlanıldı. Günəşin səmada hərəkət etməsi səbəbindən çubuqdan gələn kölgə vaxtı göstərirdi.

Qədim dövrlərdə günəş şüalarının köməyi ilə məbədlərdə müqəddəs alovun yandırıldığı məlumdur. Eyni şəkildə, əfsanəyə görə, görkəmli qədim yunan alimi Arximed, Sirakuse ailəsini qoruyarkən, Roma donanmasının gəmilərinin yelkənlərini yandırmışdı.

Qışda günəş istiliyini saxlayan və yayda istidən sığınacaq rolunu oynayan örtüklər ixtira edildi. Evdəki qızdırılan sahəni artırmaq və əkinçilik işlərinin müddətini uzatmaq üçün min illər boyu günəş otaqları və istixanalar evlərdə quraşdırılmışdır. VI əsrə qədər evlərdə günəş vannaları o qədər geniş yayıldı ki, bu bir Qayda kimi Yustian məcəlləsində təsbit edildi.

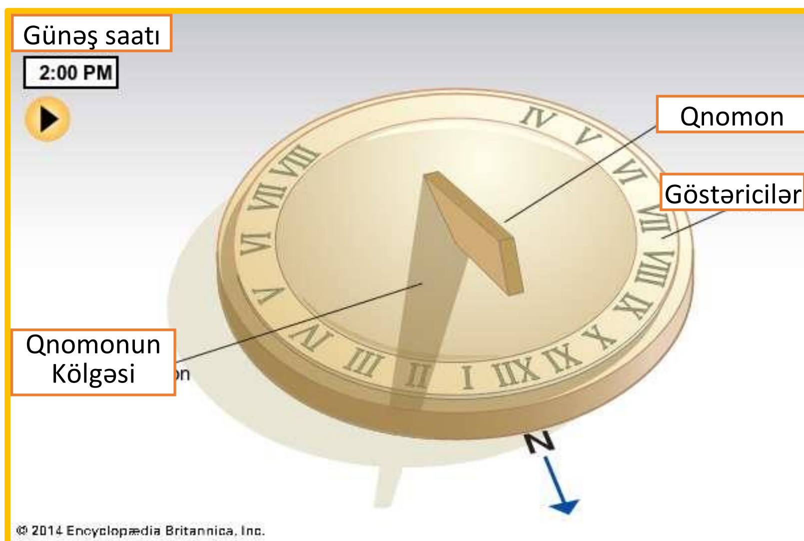
Təqribən 3500 il b.e.ə. Günəş şüalarından (sundial) sutka ərzində vaxtı təyin etmək üçün istifadə olunmağa başladılar (*şəkil 5.10*) [50].

Ən qədim günəş saatlarının maraqlı bir şərhini İspan səyyahı, rahib Benjamin vermişdi. XII əsrdə o zaman Türk vilayətinin paytaxtı Dəməşq şəhərində 365 dəlikli yüksək divarı olan Qoman Dammesek adlı böyük bir məscid mövcud idi. Səma boyunca hərəkət edən günəşin şüaları hər saatdan bir dəliklərin birinə düşürdü ki, hamı həmin divarın yanında döşəməyə çəkilən 12 üfüqi xətdən dəqiq vaxtı öyrənirdi. Səyyahın sözlərinə görə, bu cür saatlar Kiçik Asiyaya səfərindən təxminən 400 il əvvəl ərəb alimləri tərəfindən icad edilmişdir.

Böyük italyan ixtiraçısı və rəssamı Leonardo da Vinci 1515-ci ildə günəş enerjisinin sənayedə tətbiqi ilə bağlı ilk planlardan birini tərtib etdi (*Şəkil 5.11*). Onun yazı kitabında "fabrikdəki istənilən qazanxananı istiliklə təmin etmək üçün"

nəhəng bir parabolik güzgünün bir neçə layihələrinin təsvirləri vardır.

Qızdırılmış hava ilə işləyən və suyun ötürülməsi üçün istifadə olunan ilk günəş mühərriyi 1600-cü ildə Fransada yaradıldı.



şək. 5.10. Ilik günəş saatının konsepsiyası [50].

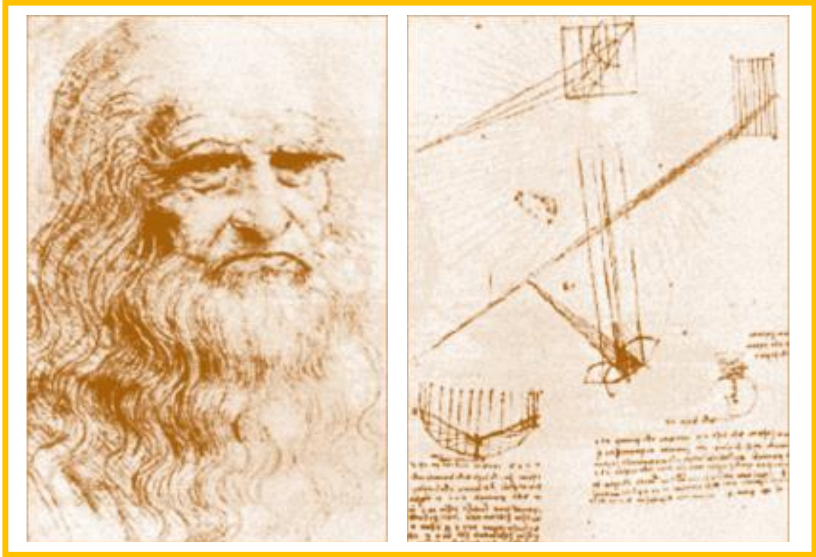
XVIII əsrin sonlarında görkəmli fransız kimyaçısı A. Lavuazye (1743-1794) ilk günəş sobasını yaratdı. Sobada temperatur 1650 °S-yə çatdırıldı, karbonun və platinin xüsusiyyətləri öyrənildi.

İsveçrəli alim Horace de Saussure 1767-ci ildə icad etdiyi dünyada ilk günəş kollektoru ilə tanınmışdır. Məşhur astronom Con Herşel bundan 1830-cu illərdə Cənubi Afrikaya ekspedisiya zamanı yemək hazırlamaq üçün istifadə etdi.

ABŞ-da günəş enerjisinin inkişafı Vətəndaş müharibəsindən sonra başladı. Günəş enerjisi sahəsində ilk amerkalı alim mühəndis Con Eriksondur. 1833-cü ildə ABŞ-da

o, ölçüsü 4,8 × 3,3 m olan parabolosilindrik konsentratorlu günəş hava mühərriyi qurdu (*Şəkil 5.12*).

1860-cı ildə Fransada günəş enerjisindən istifdə edərək mühərriklərin işi üçün lazım olan buxar istehsalı məqsədilə ilk sistem işlənildi.

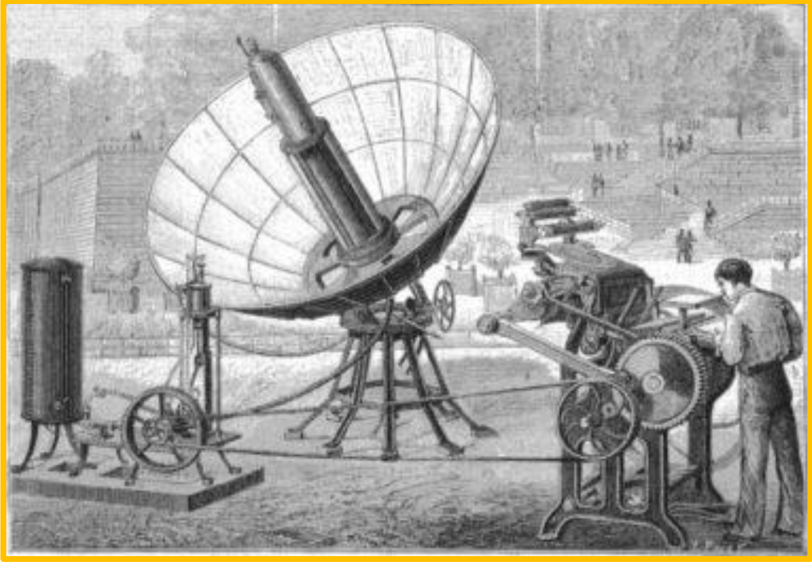


Şek. 5.11. Leonardo da Vinci və onun yazı kitablarından fraqment.

1866-cı ildə fransız ixtiraçısı A. Mouşo günəş enrjisinin sənayedə istifdəsi üçün qurğu icad etdi (*şəkil 5.13*).

İlk genişmiqyaslı su distillə qurğusu 1871-ci ildə amerikalı mühəndis C. Uilson tərəfindən Çilidə inşa edilmiş və 30 il mədəni içməli su ilə təmin etmişdir.

1878-ci ildə Parisdə keçirilən dünya sərgisində A. Mouşo, 20 dəqiqə ərzində 0,5 kq ət bişirə bilən günəş sobası nümayiş etdirdi. Fransız A. Piff mətbəədə çap dəzgahlarını işə salan, təxminən 10 m^2 sahəsi olan konsentratorlu 500 Vt gücündə buxar mühərriyi qurdu.



Şek. 5.12. Günəş buxar qazanı

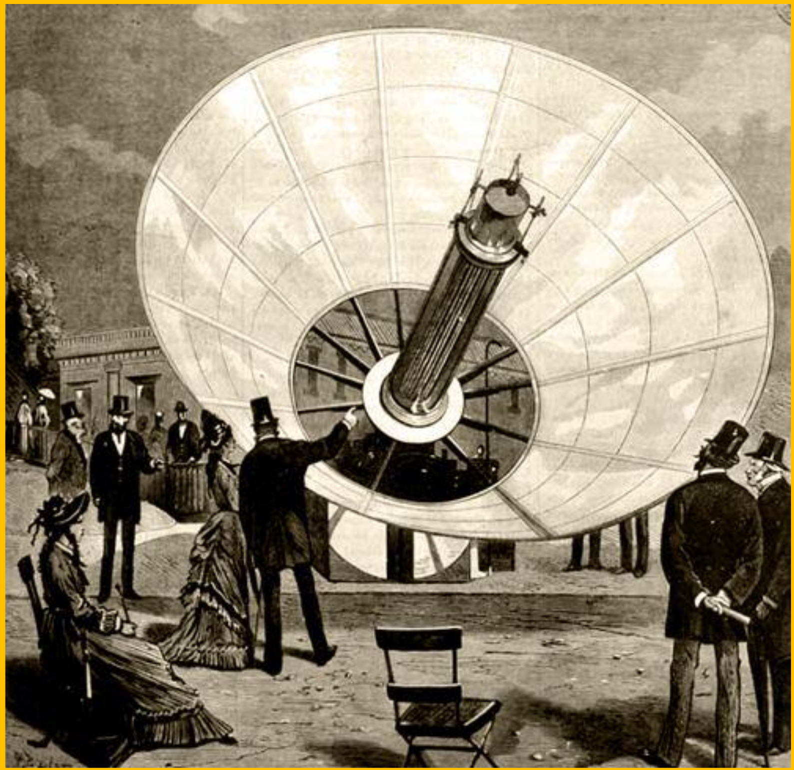
İlk düz günəş enerjisi kollektoru fransız S.A. Teler tərəfindən qurulmuşdur. Bu kollektorun sahəsi 20 m^2 təşkil edirdi. 1885-ci ildə su təchizatı üçün düz kollektorlu günəş qurğusunun sxemi təklif edildi və evlərin damına quraşdırıldı.

İngilis ixtiraçısı A.G. İneas, Arizonada (ABŞ) böyük bir günəş konsentratoru qurdu, Təzyiqi 10 bar olan su buxarı istehsal edən qurğuya 320 m^3/saata qədər suyu ötürmək üçün istifadə edildi. Parabolik konsentratorun yuxarı hissəsinin diametri 10,2 m, dib dərinliyi isə 4.5 m təşkil edirdi.

1890-cı ildə professor B.K. Çeraskiy (1849-1925) Moskvada parabolik güzgü ilə günəş enerjisini fokuslaşdırmaqla alınan 3000 ° S-dən çox temperaturla metalların əriməsi prosesini həyata keçirdi.

Raket - kosmik texnikası üzrə konstruktor M.K. Tixonravov (1900 – 19740), "Kosmos uçuşu üçün şüa enerjisinin istifadəsi yolları" adlı əsərində (1936), fotosellərdən istifadə edərək kosmosun şüa enerjisini elektrik enerjisinə

çevirməyi təklif etdi. Sonra bu enerji reketin yanma kamerasında qazı qızdırmaqla istilik enerjisinə çevrilir və təzyiq altında olan qaz reketi hərəkətə gətirmək üçün zəruri olan itələmə qüvvəsi yaradır.



Şek. 5.13. A. Mouşotun günəş konsentratoru

Hazırda yuxarıda qeyd olunan prinsipə əsaslanan günəş batareyaları müasir kosmik cihazların ayrılmaz enerji mənbəyinə çevrilmişdir. İlk dəfə günəş batareyaları Yerin üçüncü süni peykində quraşdırıldı.

Günəş enerjisi ilə bağlı qeyd etmək yerinə düşər ki, bir kq silikon əsasında hazırlanan günəş panelərinin 30 il ərzində

istehsal etdiyi elektrik enejisinin, İES-də istehsalına 75 t neft yanacağı tələb olunardı. Buna görə də silikonu XXI əsrin enerjisi adlandırırlar.

5.2.2. Günəş enerjisinin potensialından səmərəli istifadə

Məlumdur ki, Yer kürəsində həyat günəş enerjisinin hesabına yaranmış və bu gün də məhz bu səbəbdən davam edir. XVII əsrə kimi insanların əsas enerji mənbəyi günəş enerjisi və fotosintez prosesi nəticəsində akkumulyasiya olunan ağacların yandırılmasından yaranan enerji olmuşdur.

Günəş, diametri 1390 000 km olan, əsasən hidrogendən təşkil olunmuş qaz buludundan ibarət, xüsusi hidrodinamik bir cisimdir. Onun daxilində temperatur o qədər yüksəkdir ki, hidrogenin heliuma sintezini təmin edir. Günəş, daxilində baş verən bu sintez nəticəsində, yenidən şüalanan, tədricən səthinə çatan yüksək tezlikli elektromaqnit şüaları şəklində enerji ifarz edir. Son nəticədə şüalanma Günəşin fotosfer adlanan nazik səth təbəqəsindən keçərək Yerə çatır.

Bu enerji təqribən $1{,}2x10^{14}$ neft evivalenti tonu yanacaq (NET təşkil edir ki, bu da Dünya üzrə üzvü yanacaq ehtiyatından ($6x10^{12}$ NET) xeyli yüksəkdir.

Hər gün yer kürəsinə $4{,}2x10^{14}$ kVts ekvivalent enerji daxil olur ki, 2015-ci ildə isə il ərzində $1{,}2\ x10^{9}$ kVts sərf olunmuşdur.

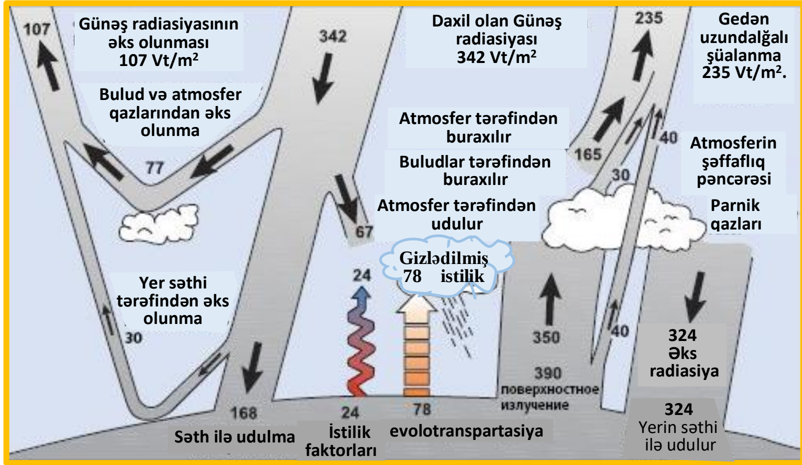
BMT-nin qəbul etdiyi terminalogiyaya görə əsasını günəş enerjisi təşkil edən bütün növ enerji BEM adlanır.

Günəşin fotosferinin elektromaqnit şüaları kosmik mühitə işıq sürəti ilə (300.000 km / s) dalğa şəklində yayılır. Yerin orta illik qlobal enerji balansı *şəkil 5.14*-də təqdim olunur.

Əgər Günəş tərəfindən şüalandırılan enerjinin miqdarını 100% qəbul etsək, bu enerjinin yalnız 50% hissəsi (27% birbaşa, 23% isə atmosferdə səpələnərək) Yerin üst qatına çatır.

Baxmayaraq ki, Günəşin atmosfer qatına düşən 178 000 TVt enerjinin az bir hissəsi Yerin səthinə daxil olur, bununla yanaşı onun illik həcmi Dünya üzrə nüvə enerjisi də daxil olmaqla üzvü yanacaq əsaslı enerji sərfini 15000 dəfə üstələyir.

Sonsuz enerjinin planetimizə daim axması barədə təbiət fenomenini bəlkə də biz tam anlaya bilmirik.



Şek. 5.14. Günəş işığının atmosferdən keçməsi

Günəş enerjisi demək olar ki, qeyri məhdud miqdardadır, ekoloji cəhətdən təmizdir, heç nəyi pozmur, heç bir fəlakətli məhfetmə yaratmır . Yer üzündəki hər şeyə həyat verir. Bundan əlavə, bu enerjinin maya dəyəri demək olar ki, sıfıra bərabərdir, Yer kürəsinin hər yerində mövcuddur və istənilən qədər maneəsiz əldə etmək olar. İstifadəsindən asılı olmayaraq, axını sabitdir.

Günəşin bir saniyədə verdiyi enerji $4{,}2\cdot10^{6}$ ton kütlənin yandırılmasına və ya enerjiyə çevrilməsinə bərabərdir.

Günəş enerjisindən istifadənin əsas problemlərindən biri ondan ibarətdir ki,Yer kürəsinə günəş şüalarının çox səpələnmiş,

sızan bir axınla gəlməsidir. Onların sıxlaşdırılmasının, konsentrasiyanın mütərəqqi yollarını axtarmalıyıq.

Günəş orbital elektrik stansiyaları yaratmaq üçün nəhəng və yüngül konstruksiyanı kosmosda necə yığmağı öyrənməliyik. 100 km^2 sahəsi olan paneldən təxminən 10 milyon kilovatt güc əldə edə bilərik. Bu enerjinin Yerə ötürülməsini təmin etmək üçün, orbitə yükün çatdırılması məqsədi ilə müxtəlif cür nəqliyyat vasitələrinə sahib olmaq lazımdır.

Effektiv şəkildə işığı qəbul edən və məqbul effektivliyə sahib fotoelektrokimyəvi günəş sellərini əldə etmək üçün elmi inkişafdan sənaye inkişafına və nanostruktur texnologiyaların kommersiya tətbiqinə keçmək lazımdır.

Günəş enerjisinin istifadəsi üçün vacib şərt, oksigen və hidrogen almaq məqsədli elektroliz prosesi ilə fotoqalvanik elementlərin bir strukturda birləşdirilməsidir.

Günəş enerjisi ən çox maddi-intensiv enerji istehsalı formalarına aid edilir. Onun geniş miqyaslı istifadəsi yeni materialların işlənməsini, xammal hasilatının və əmək ehtiyatlarının artırılmasını tələb edəcəkdir (*şəkil 5.15*) [51].

Günəş enerjisinin potensialını səciyyələndirərkən "Examiner" jurnalının sensasiyalı məlumatı barədə danışmamaq olmaz: insanlar Günəş enerjisindən qidalana bilərlər. Kalkutta sakini 66 yaşlı mühəndis mexanik Ratan Maneq belə təsdiq edir. O,1995-ci ildən başlayaraq uzun müddət yemək qəbul etmir. Gözlərə düşən günəş enerjisi aclıq hissini yatırır. Maneg, insanların bədənlərinin ehtiyaclarını çox sadə bir şəkildə dəyişdirə biləcəyinə əmindir – işıqlı günün ilk hissəsində, çılpaq ayaqlar ilə yer üstündə dayanıb, Günəşə baxmaq lazımdır. Bir neçə günlük məşqlərdən sonra günəş şüalarının gözlər vasitəsilə bədənə necə nüfuz etdiyi hiss olunur. Beyin bədəni qidalandırmaq üşün boş ehtiyatlarından istifadə etməyə başlayır. Günəş enerjisi insanı təkcə fiziki deyil, həm də müxtəlif ruhi xəstəliklərdən azad edir. Artıq bu fenomen aparıcı alimlər tərəfindən araşdırılır.

Yaxınlaşan fəlakətin əlamətləri ekoloji vəziyyətin pisləşməsində, əhalinin sürətlə artmasında, siyasi gərginliyin artmasında və digər istiqamətlərdə hiss olunmaqdadır. Sivilizasiyanın belə nizamsız inkişafı davam edə bilməyəcəyi aydındır.



Şek. 5.15. Niderlandın Vestland bələdiyyəsində günəş panelləri ilə qızdırılan istilikxana [51].

Müasir əsrimizin ən vacib vəzifələrindən biri də Yerin iqliminə texnogen təsirləri azaltmaqdır. Buna yalnız Günəş enerjisindən istifadə ilə nail oluna builər.

Bu yol uzun, çətin və tikanlıdır. Ancaq bəşəriyyətin başqa altrnativi yoxdur. Ətraf mühit baxımından günəş enerjisi həqiqətən idealdır, çünki ekoloji tarazlığı pozmur. Buna görə dünya birliyinin səyləri, beynəlxalq əməkdaşlığın öhdəlikləri enerji bolluğu dövrünə gedən bu yolu qısaltmaq üçün, birləşdirilməlidir.

Hazırda energetika sistemlərinin davamlı inkişafı üzrə qəbul olunmuş hədəflərə əsaslanaraq deyə bilərik ki, 2050-ci ilə enerji balansında payı 30% (konsentarsiya olunan günəş enerjisi daxil olmaqla) keçəcəkdir [52].

5.3. KÜLƏK ELEKTRİK STANSİYALARI

GİRİŞ

Insanlar külək enerjisindən, hələ b.e.ə. 5000 ildən 200-ci ilə qədər Misirdə Nil çayında gəmilərin hərəkət etdirilməsi üçün istifadə etməyə başlamışlar. Çində sadə külək qurğularından su nasoslarında, qamışdan toxunulmuş pərləri olan külək qurğularından buğdanın təmizlənməsi üçün Yaxın şərq və İranda istifadə olunurdu.

Nəhayət külək enerjisinin müxtəlif məqsədlər üçün istifadəsi bütün dünyada yaıldı. XI əsrin əvvəlinə Yaxın şərqdə insanlar tərəfindən külək qurğularından əkin sahələrinin su ilə təmin olunmasında geniş istifadə olunurdu. Tacirlər və syahətçilər külək texnolojiyasını Avropa qitəsinə gətirdilər. Çox keçmədi ki, Avropalı miqrantlar külək enerjisi texnologiyasını Amerika qitəsinə, daşıdılar.

Külək nədir? Bu bəlkə də ən qeyri-sabit və az proqnozlaşdırıla bilən bir təbii hadisədirsə, enerjisini istifadə edib köməyinə arxalanmaq mümkündürmü? Bu nədən qaynaqlanır, hara yönəldilmişdir, "ona güvənmək" mümkündürmü? Axı, hər hansı bir külək elektrik qurğusunun səmərəliliyi onun təbiətinin nə qədər davamlı olmasından asılıdır.

Yerin qızdırılan səthindən Günəşin şüaları altında hava da qızdırılır. Onun istiliyinin intensivliyi əsasən yer səthinin vəziyyətindən və xüsusiyyətlərindən asılıdır.Məsələn, səhra havası eyni enlikdə dəniz səthinə nisbətən isti qumdan 130 qat daha çox istilik alır. Qızdırılan hava öz sıxlığını azaldır - atmosfer təzyiqi dəyişir, istiliyin artması ilə azalır, əksinə - artır. Yüksək təzyiqli hava kütlələri təzyiqin aşağı olduğu yerə hərəkət edərək külək yaradır. Ekvator enliyində, Yer səthinin güclü istiləşməsi səbəbindən sabit aşağı təzyiqli zona yaranır. Bura hava kütlələri şimaldan və cənubdan axır - əsasən bir

istiqamətdə daimi küləklər yaranır (passatlar). Yer kürəsinin fırlanmasının təsiri altında, hava kütlələri Şimal yarımkürəsində- sağa, Cənub yarımkürəsində - sola meyl edir.

5-7 km yüksəklikdə tərs istiqamətdə küləklər (antipassatlar) əsir. Ekvatorun şimal və cənubunda sabit sakit bölgə mövcuddur. Təqribən 30 dərəcə en dairəsi genişlikdə, ekvatorun hər iki tərəfində bir neçə kilometr yüksəklikdən keçən, ekvatordan soyuq hava axını istqamətində ikinci sakit zonalar mövcuddur - antipassatlar.Orada yüksək təzyiq zonası yaranır və burada passatlar formalaşır. Bu zonadan, qərb adlanan qütblərə doğru küləklər əsir. Passat küləkləri ilə müqayisədə, onlar daha dəyişkəndirlər. Şimaldan və cənubdan 30 ilə 60 ° arasındakı bu zolaq uzun müddət dənizçilər arasında pis münasibətə səbəb olmuşdur. Sakit zonadan 30 dərəcə endə yerləşən Bermud adaları rayonu bəzən at enlikləri adlanır. Bu qəribə ad yelkənli donanma dövründən bəri qorunub saxlanılır. O dövrdə bir çox gəmiləri atları Avropadan Qərbi Hindistana nəql edirdi. Sakit küləksiz zonaya daxil olaraq gəmilər hərəkət etmək imkanından məhrum olurdu, yelkənlər işləmirdi, təmiz su və qida ehtiyyatları tükənirdi. Hər şeydən əvvəl atlar ölürdü. Gəmidən atılan at cəsədləri uzun müddət sü səthində qalırdı. Güclü soyuma səbəbindən qütblərdə ekvatora sabit qütblü şərq küləkləri istiqamətləndirən daha iki yüksək təzyiqli bölgə mövcuddur.

Günəş işığının təsiri altında quru ərazi suya nəzərən daha sürətli qızdırılır və soyudulur, bunun nəticəsində ilin müxtəlif vaxtlarında dəniz və okeanların sahillərində mövsümi sahilə və ya sahildən əsən küləklər - mussonlar yaranır.

Beləliklə, küləklərin - fenomenin ilk baxışdan görünə biləcəyi qədər kortəbii olmadığına aydınlıq gətirildi. Onların davamlılığına arxalanmaq olar, külək enerjisinin heç bir zaman anında tamamilə yox olacağından narahat olmağa əsaslar yoxdur.

Dünyada küləklərin davamlı istiqamətli və təxminən eyni güclə əsən nəhəng məkanları mövcuddur. Bu baxımdan coğrafi mövqeyinə görə ölkəmiz əlverişli vəziyyətdədir. Tükənməz külək enerjisi ehtiyatlarına malikdir. Azərbaycan külək enerjisindən maksimum səmərəliliyi ilə istifadə edilə bilən böyük ərazilərə malikdir. Küləyin geniş yayılmasına maneələr nələrdir? Əsasən bunlardan ikisi: istiqamətinin və gücünün qeyri sabitliyi və külək olmaması və ya aşağı güc olması halında enerjinin akummlyasiya olunaraq saxlanmasına ehtiyac. Hər şeydən əvvəl, görünür, külək elektrik stansiyalarını əlavə enerji əldə etməyin yollarından biri hesab etmək lazımdır ki, bu da yanacaq istehlakını azaltmağa imkan verir.

Beləliklə, külək enerjisi, günəş şüalanmasının çevrilən enerjisidir və nə qədər ki, günəş işıq saçacaq, o qədər də küləklər əsəcək. Azərbaycanının külək enerjisinin texniki potensialı 15 000 MVt-dən, iqtisadi cəhətdən səmərəli potensialı isə 3 000 MVt-dən çox qiymətləndirilir. Yəni, külək texnologiyalarının hazırkı inkişaf mərhələsində Azərbaycanın bütün elektrik stansiyalarının gücünün orta hesabla 50 %-ni təşkil edir.

Müxtəlif növ külək stansiyaları mövcuddur.

21-ci əsrin enerji sektorunda əhəmiyyətli yer tutan külək elektrik stansiyaları (KES) nədən ibarətdir? Hazırda dünyada iki növ külək turbinləri geniş yayılmışdır: qanad və karusel. Barabanlı və digər bir neçə orijinal layihə edilmiş qurğular da mövcuddur.

Qanadlı KES - bunlar ənənəvi sxemli külək turbinləri də adlandırılır - üfüqi fırlanma oxu olan pər mexanizmləridir. Onların ən böyük səmərəliliyi, külək axını pərlərin fırlanma müstəvisinə perpendikulyar olaraq hərəkət edərkən əldə edilir.

Külək energetikasının cəlbediciliyi, yalnız təbiətə zərər verməsi ilə məhdudlaşmır, KES müxtəlif ərazilərdə, enerji mənbəyi olmayan yerdə kifayət qədər tez quraşdırıla bilər. Lakin, etiraf etməliyik ki, külək turbinlərinin istismarı bəzi xoşagəlməz hadisələrlə müşayiət olunur. Əsas olan səs-küydür.

Gücü 100 kVt-dan çox olan külək turbininin yaxınlığında külək pərlərinin ox səviyyəsində səs-küy səviyyəsi 50 dB-dən çoxdur. Hücum bucağına nəzarət sistemi onu qismən azaldır. İnsan qulağının qəbul etdiyi səs-küyə əlavə olaraq, külək qurğusu ətrafında titrəməyə səbəb olan 6-7 Hz tezlikli təhlükəli bir infrasəs mövcud olur.

Bununla yanaşı, KES-ın istismarı ilə bağlı problemlər uğurla həll olunur. Layihəçilər külək pərlərinin fırlanma sürətini seçərək pərlərin profillərini yaxşılaşdıraraq səs-küy və vibrasiya səviyyəsinin azaldılmasına nail olmuşdurlar.

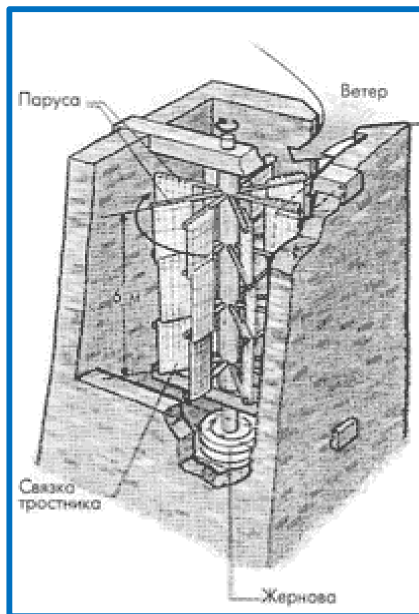
Müasir KES elm və texnologiyanın son nailiyyətlərinə cavab verən bir çox texniki yenilikləri özündə etiva edir. KES-in səmərəli və təhlükəsiz işini təmin edən bəzi həlləri qeyd etmək olar:

- hücum bucağının dinamik olaraq dəyişdirməsi;
- yük və küləyin sürətindən asılı olaraq külək pərinin fırlanma sürətinin dinamik idarə olunması;
- küləyin dominant istiqaməti və turbulensiyasını nəzərə alaraq xüsusi bir qanuna uyğun olaraq külək turbinin idarəetmə sistemi.

5.3.1. Külək enerjisindən istifadənin təkamülü

Külək enerjisindən istifadənin tarixi və külək qurğularının dəyirmanlardan böyük güclü mürəkkəb qurğulara qədər təkamülü və sənayedə tətbiqi dövrü ümumi və ixtisaslaşdırılmış bir çox ədəbiyyatlarda, Freese (1957), Needham (1965), Minchinton (1980), Dighter (2008) və Denny (2007) və digərlərində, ətraflı təsvir olunmuşdur [53-58].

Hələ Qədim Misirdə, b.e.ə. 3500 il əvvəl buğdanın təmizlənməsi və suyun yüksəkliyə qaldırılması üçün külək mühərriklərindən istifadə olunmağa başlanılmışdır. Əlli əsrdən artıq bir müddət keçməsinə baxmayaraq külək dəyirmanları öz görünüşlərini dəyişməmişdir. Məsələn, İngiltərədə XVII əsrin ortalarında tikilmiş dəyirman, uzun müddət keçməsinə baxmayaraq, bu günə qədər mütəmadi fəaliyyət göstərir.



Şək. 5.16.
Persiya külək dəyirmanı

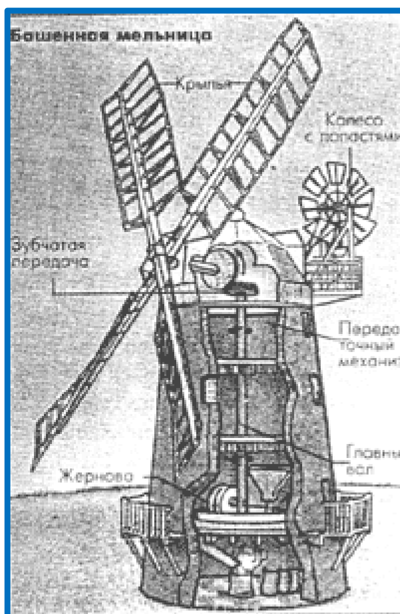
Levisin 1993-cü ildə apardığı araşdırmalarına görə ilk külək dəyirmanları Vizantiyanın ərazisində (İranda) tətbiq olunmağa başlanılmışdır (*şəkil 5.16*). Külək dəyirmanının qanadları dəyirman daşları ilə eyni oxda yerləşdirilmişdir. İran dəyirmanı istifadə üçün rahat konstruksiya idi, lakin güclü (zəif) küləklərdə məlumdur ki, tənzimlənmə sistemi olmadığına görə onun istifadəsi qeyri – mümkün olurdu.

Təqribən 600 il əvvəl, nəhəng qanadları olan, üfüqi vəziyyətdə yer səthində yerləşdirilən qüllə tipli dəyirmanların inşasına başlanıldı. İlk belə dəyirmanlardan biri uzun müddət ixtiraçılıqda məşhur olan Hollandiyada meydana gəldi. 1745-ci ildə Edmund Lee adlı ixtiraçı, yeni bir qanad növü - parça ilə örtülmüş taxta çərçivələrin ixtirası ilə dəyirmançıları sevindirdi. İxtira o qədər uğurlu oldu ki, indi də külək dəyirmalarında istifadə olunmaqdadır (*şəkil 5.17*).

Külək dəyirmanları əla pulsuz enerji mənbəyi olduğunu sübut etdi. Vaxt keçdikcə onlardan yalnız taxıl üyütmək üçün istifadə edilməməsi təəccüb döğurmur. Külək dəyirmanları iri fırlanan dairəvi mişarları fırlatdı, ağır yükləri böyük yüksəkliklərə və suyu hündürlüklərə qaldırmaq üçün istifadə olunmağa başladı və su dəyirmanları ilə yanaşı, demək olar ki, keçmişin ən güclü maşınları olaraq tarixdə qaldılar. Hollandiyada, məsələn, külək dəyirmanlarının çox olduğu yerlərdə, əsrimizin ortalarına qədər uğurla fəaliyyət götərmişdilər. Onlardan bəziləri hətda bu gün də fəaliyyətdədir.

Maraqlıdır ki, külək dəyirmanlarını orta əsrlərdə bəzi insanlar qeyri – təmiz qüvvələrlə əlaqələndirməyə çalışırdılar.

Zaman keçdikcə insanlar ucuz enerji mənbəyi kimi, bərpaolunan mənbələrdən biri olan küləkdən istifadəyə üstünlük verdilər. Texnologiyanın inkişafındakı belə bir mərhələ elektrik generatorlarının quraşdırılması ilə başlandı.



Şək. 5.17. Edmund Li külək dəyirmanı

Amerika qitəsində, o cümlədən, ABŞ-da külək dəyirmanları 1800-cü illərin sonlarında Amerika Qərbinin inkişafı və inkişafa verdiyi töhfələrinə görə daha yaxşı tanınır. Külək dəyirmanları Böyük Düzənlikdə ilk məskunlaşanlar üçün həyati əhəmiyyət daşıyırdı. Külək dəyirmanları dəmir yolunun su təchizatında (*şəkil 5.18*) və su mənbələrindən uzaq yerlərdə fermer təsərrüfatları üçün su mənbələrinin yaradılmasında istifadə olunmuşdur [61].

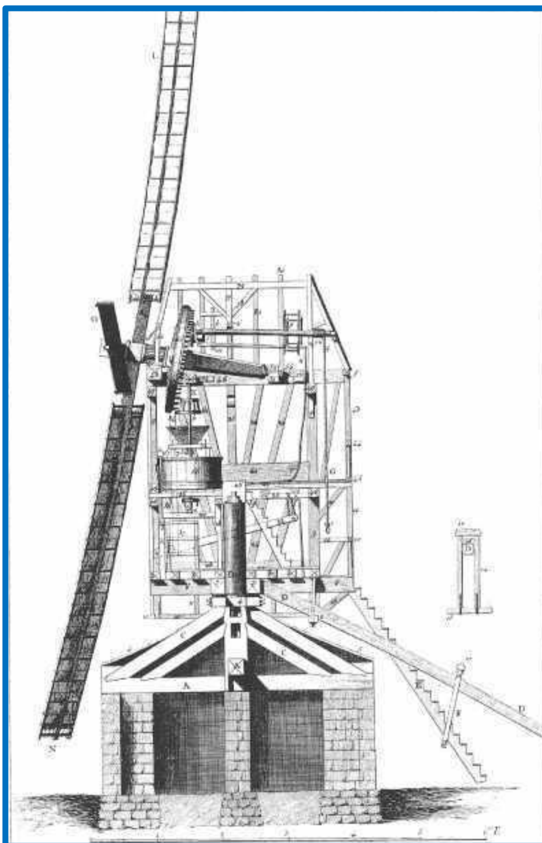


Şek. 5.18. Amerika Dəmir Yolu su təchizatı üçün Külək Turbini

1890-cı ildə Danimarkada elektrik enerjisi istehsal etmək üçün ilk sənaye tipli külək generatoru istifadəyə verilmişdi. Bu cür külək generatorları adi elektrik stansiyalarından cərəyanın ötürülməsi üçün əlverişsiz və ya sərfəli olmayan yerlərdə quraşdırılmışdır. Sonda külək turbinləri Danimarka sənayesi üçün lazım olan bütün enerjinin dörddə birini təmin etməyə başladı. 1920-1930 illər arasında Avstraliyada külək generatorlarının tətbiqinə başlanılmışdır.

1931-ci ildə, dünyada ən böyük külək elektrik stansiyası Krımda inşa edilmişdi. [62].

Beləliklə, külək dəyirmanları dünya iqtisadiyyatının inkişafına töhfə versə də su dəyirmanları qədər əhəmiyyətli olmamışdır. Belə ki, son nəticədə onlar geniş tətbiqini Avropanının atlantik hissəsində tapmışdır. Avropada külək dəyitmanları ilə bağlı ilk qeydlər XII əsrə təsadüf edilir. Bu ərazidə əsasən qüllə tipli külək dəyirmanları geniş yayılmışdr (*şəkil 5.19*) -qüllə palıd ağcından hazırlanır, bütün struktur onun üzərində bərkidilir, dört tərəfdən fiksasiya olunub [62].



Şək. 5.19. Qüllə külək dəyirman [62].

Su dəyirmanlarında olduğu kimi, külək qurğularından enerji məqsədləri üçün istiafadə öz pik nöqtəsinə XIX əsrdə çatmışdır. Böyük Britaniyada onların sayı 1800-cü ildə 10 min, XIX əsrin sonunda Almaniyada 18 minə çatmışdır. ABŞ-də 1860 - 1900-cu illldərdə bir neçə milyon külək

dəyirmanları qurulmuşdur, onların sayı yalnız 1920-ci illərdə azalmağa başlamışdır.

5.3.2. İlk külək qurğuları

XX əsrin əvvəllərində, külək mühəndisliyinin inkişafı üçün elmi əsasları mövcud olan şəraitdə, dünyada külək fermalarının (stansiyalarının) inşaası baş vermişdi.

Külək fermaları, funksional bir-biri ilə əlaqəli və küləyin kinetik enerjisini elektrik enerjisinə çevirərək elektrik enerjisi istehsal edən vahid bir kompleks olmaqla bir və ya bir neçə külək turbinindən ibarət təşkil oluna bilər.

Külək stansiyaları, bir qayda olaraq, ümumi bir enerji sistemenində, eləcə də ayrı bir istehlakçını elektrik enerjisi ilə təmin edərkən həm də avtonom fəaliyyət göstərə bilər.

Külək ferması inşaatında önə çıxan ölkə Danimarka olmuşdur: hökumət 1890-cı ildə külək turbinlərinin tətbiqi üzrə geniş bir inkişaf proqramı başlatmışdı. 1910-cu ildə bir neçə yüz belə külək turbinləri istifadəyə verilmişdi. Turbinlərin pərlərinin diametri 23 m olan, 24 m yüksəklikdəki bir qülləyə quraşdırılmış və mexaniki ötürücü ilə qüllənin bünövrəsində yerləşən elektrik generatoru ilə birləşdirilmiş dörd barmaqlı külək çarxları mövcud idi. Generatörün layihə gücü 5 - 25 kVt arasında dəyişdirdi. Bu külək turbinləri tərəfindən istehsal olunan elektrik enerjisinin dəyəri bir dizel elektrik qurğusunun istehlak etdiyi yanacağın dəyərinə bərabər idi.

İkinci Dünya Müharibəsindən sonra Danimarkada, enerji sistemi ilə sinxron rejimdə işləmək üçün nəzərdə tutulmuş, 12, 45 və 200 kVt gücündə üç eksperimental külək turbinlərini hazırlamış və sınaqdan keçirilmişdi. Bu turbinlər 1960-cı ilə qədər fəaliyyətlərini davam etdirmişdi. İstehsal olunan elektrik enerjisinin maya dəyəri bir istilik mühərrikindən alınan enerjinin ekvivalent dəyərindən artıq olduğu üçün layihənin fəaliyyəti dayandırılmışdı.

Postosvet məkanında külək enerjisindən istifadə mühüm dövlət problemi hesab olunurdu. 1924-cü ildə N.V. Krasovskinin rəhbərliyi altında 50 at gücünə qədər çarxın sürətinə nəzarət sistemi ilə təchiz olunmuş yüksək sürətli yeni mühərrik hazırlanmışdı.

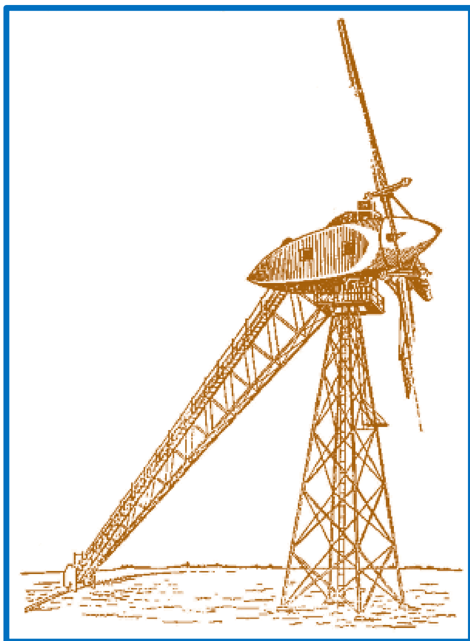
Məlumdur ki, külək turbinini layihə edərkən ən çətin və həlledici məqam külək çarxının sürətinin idarə olunmasıdır, çünki şəbəkə ilə paralel iş şərtləri küləyin sürətindən asılı olmayaraq sabit bir generator sürətini tələb edir. Bunun üçün pərin sabit bir ox ətrafında fırlanmasından istifadə olunur. Pərin vəziyyətinin küləyin istiqamətinə görə dəyişməsi ilə, tənzimləmə üçün əsas olan aerodinamik qüvvələr də dəyişir. Pərlərin fırlanması, yuxarıda qeyd edildiyi kimi, təklif olunan pərdə yerləşdirilmiş mərkəzdənqaçma tənzimləyicisinə qoşulmuş bir stabilizator sükanından istifadə edərək ya mexaniki ya da servomotorlar vasitəsilə həyata keçirilə bilər.

1931-ci ildə Sevastopol ətrafında qoyuluş gücü 20 MVt istilik elektrik stansiyası ilə birlikdə 6.3 kV elektrik şəbəkə gərginliyində işləyən Balaklava külək ferması istfadəyə verildi (*şəkil 5.20*). Ölçü baxımından (külək çarxının diametri 30 m, küləyin sürəti 10 m / s, gücü 100 kVt , qüllənin hündürlüyü 25 m, külək çarxının sürəti 30 dövr/dəq) stansiyanın nə əski sovetlər birliyində, nə də ondan xaricdə heç bir anoloqu mövcud olmamışdır [62].

Quraşdırılan generatorun gücü 92 kVt, fırlanma sürəti 600 döv/dəq üç fazlı asinxron mühərrik, və mərkəzdənqaçma mexanizmi ilə avtomatik işə salınma sistemi ilə təmin olunmuşdur. Generator yerləşdirilən qurğunun baş hissəsində uzunluğu *13,7 m, eni 25 m və hündürlüyü* 3,8 m olan kabina quraşdırılmışdır. Külək turbininin *3* növ pəri mövcud olmuşdur.

Külək qurğusunun istismar sınaqları iki rejimdə aparılmışdır: 19 və 30 döv/dəq-də. Eyni zamanda, külək təsərrüfatının 30 döv/dəq ilə işləmə rejiminin daha sərfəli olduğu müəyyən edilmişdir. İllik enerji istehsalı orta hesabla 280 min

kilovat-saat, külək enerjisindən istifadə əmsalı isə 0,32 səviyyəsində idi.

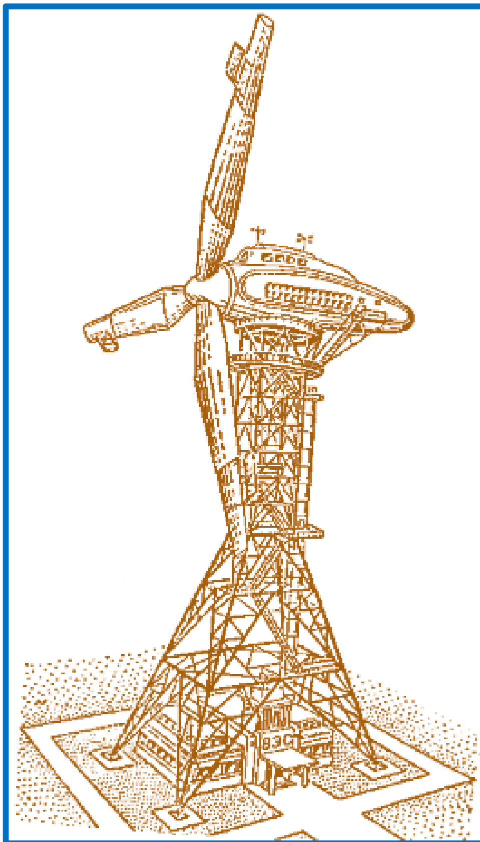


Şek. 5.20. 100 kVt gücündə olan Balaklava külək stansiuasının ümumi görünüşü [61]

1935-ci ilin sonunda Moskvada, ümumi şəbəkə ilə paralel işləmək üçün 50 m diametrli külək çarxı və sinxron generator ilə təchiz olunmuş külək ferması layihə olunmuşdu (*şəkil. 5.21*). Fırlanma, külək çarxlarından generator üçün ötürümə əmsalı 1:25 olan iki pilləli ötürücü reduktor vasitəsilə ötürülürdü. Külək çarxının fırlanma surəti 24 dövr/dəq, generatorun isə 600 dövr/dəq təşkil etmişdir. Külək turbininin salonunda generator, hidravlik mufta, qoruyucu qurğular, start və və dayandırma üçün elektrik mühərrikləri ilə təmin olunmuşdur. Elektrik avadanlıqlarının bir hissəsi yarımstansiyada qüllənin bünövrəsində yerləşdirilmişdir.

Külək stansiyasının qoyuluş gücü 1000 kVt olmaqla, üç pərli və əvvəlki aqreqatlardan fərqli olaraq stabil tənzimlənmə sistemi ilə təmin olunmuşdur.

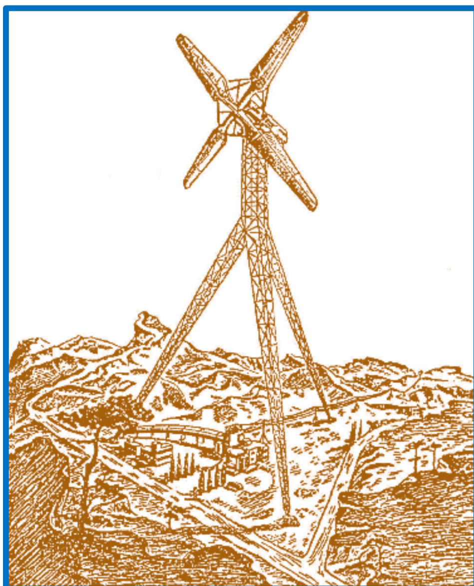
Stansiyda hündürlüyü 50 m qüllə 25X25 ölçülü bünövrənin üzərində quraşdırılmışdır. Qüllənin yuxarı hissəsinə qalxmaq üçün lift və qəza pilləkən quraşdırılmışdır. Qüllənin aşağı hissəsində isə əsas elektrik hissəsinin paylayıcı qurğusu yerləşdirilmişdir.



Şək. 5.21. Moskvada layihələndirilən KES ümumi görünüşü (1000 kVt) [61].

4500 kVt gücə malikm daha da güclü külək ferması Ukrayna Sənaye Enerji İnstitutu (USEİ) tərəfindən tərtib edilmişdir (*Şək. 5.22*) [64]. Hündürlüyü 150 m olan metal üçayaqlı bir qüllədə, bütün ötürücü mexanizmləri olan külək fermasının binasını daşıyan oturacaqlar üzərində fırlanan qaynaq olunmuş körpü quraşdırılmışdır. Külək çarxını küləyə qarşı döndərmək üçün körpünün qüllənin oxu ətrafında fırlanması avtomatik olaraq həyata keçirilrdi. Qurğu diametri 80 m olan külək çarxı metal konstruksiyalı dörd qanaddan ibarətdir. Əsas val elastik bir muftanın köməyi ilə dişli ötrücüyə qoşulmuşdur və bu ötrücü dövrlər sayının dəqiqədə 18-dən 612-ə qədər artırmaq imkanına malik olmuşdur. Dişli ötürmə hər biri

2250 kVt gücə malik iki üç fazalı cərəyan generatorunu fırladır. Generatordan, cərəyan sürüşmə kontaktlatrından kabel vasitəsilə yarımstansiya binasına yönəldilir. Tənzimləmə, yağ servomotoru vasitəsilə həyata keçirilir.

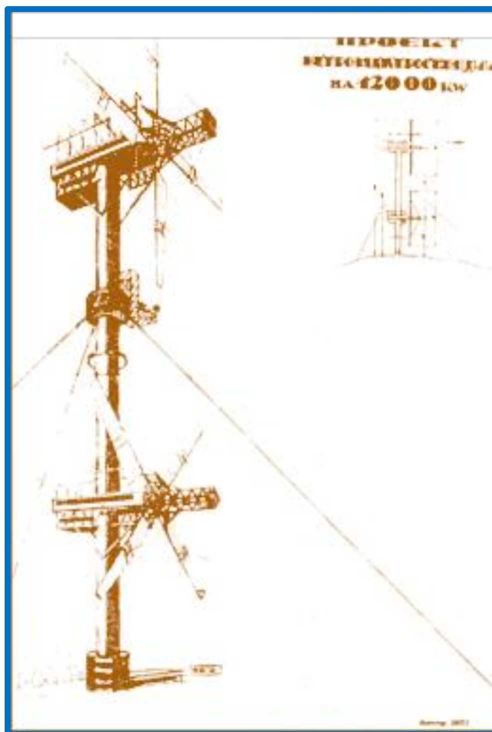


Şək. 5.22. USEİ tərəfindən layihələndirilən gücü 4500 kVt olan KES-nin ümüumi görünüşü [64]

Şək. 5.23-də Yu.V Kondratyuk (A.I. Shargey) tərəfindən hazırlanmış külək stansiyasının ümumi görünüşünü təqdim edir. İki külək turbini eyni qüllənin üzərində yerləşir. Hər biri dörd pər (*şəkil 5.24*) ilə 80 m diametrli bir külək çarxına malikdir. Hər bir külək çarxında sürəti 20-dən 600 dövr /dəqiqəyə qədər artıran bir hidravlik multiplikator, üç fazlı cərəyan generatoru və idarəetmə və tənzimləmə mexanizmləri dəsti mövcuddur. Aşağıdakı qurğu yerdən 65 m hündürlükdə, yuxarıdakı isə qüllənin yuxarı hissəsində, 158 m yüksəklikdə yerləşir.

Hər iki qurğu üçün ümumi olan paylayıcı qurğular və şitlər aşağı hissədə əlavə quraşdırılmış maşın zalında yerləşir. Buradan, 6000 V gərginlikli cərəyan, küləyin istiqamətindən asılı olaraq, bünövrə üzərində döndüyündən, xüsusi dairəvi cərəyan kollektorlardan istifadə olunur.

İş rejimində külək çarxı sərt şəkildə bərkildilmiş əsas valı döndərir. Külək sytansiyası külək sürəti 6 m / s-dən işləməyə başlayır və. 16.5 m / s sürətində 7000 kVt gücə, 20.3 m / s sürətdə isə 10 min kVt gücə sahibdir.



Şek.5.23. Külək stansiyasının ümumi görünüşü Yu.V. Kondratyuk (A.I. Shargei): 12,000 kVt

1936-cı ildə Krımdakı Ai-Petrinskayada, vahidinin qoyuluş gücünə görə Dünyada bu günə qədər analoqu olmayan 12 MVt gücündə külək qurğusunun inşasına başlanıldı. Onun gücü ilk Sovet eksperimental nüvə stansiyasının gücündən demək olar ki, iki dəfə çox idi. Bu layihə bu gün bütün dünya mütəxəssislərinin peşəkar maraq mövzusudur. Təəssüf ki, külək enerjisinin inkişafına o dövrlərdə rəhbərlik edən G.K. Orjenikidzenin ölümündən sonra külək fermasının inşası dayandırılmışdı [64].

Artıq qeyd edildiyi kimi, 19-cu əsrin sonlarına qədər ABŞ-da elektrik enerjisi istehsal etmək, suyu yüksəkliklərə qaldırmaq və digər işləri yerinə yetirmək üçün istifadə olunan 8 milyondan çox kiçik külək turbinləri inşa edilmişdir. Bununla yanaşı, bu qurğuların əksəriyyəti 1930-cu ildən başalayaraq ABŞ-ın əksər

tələbatçılarının bilavasitə enerji sistemindən mərkəzləşdirilmiş qayadada təmin edildiyində görə, onların fəaliyyəti dayandılımağa başlanıldı.

ABŞ-da külək enerjisinin inkişafına ən əhəmiyyətli töhfə "Smis-Putnam" külək fermasının yaradılması olmuşdur [65].

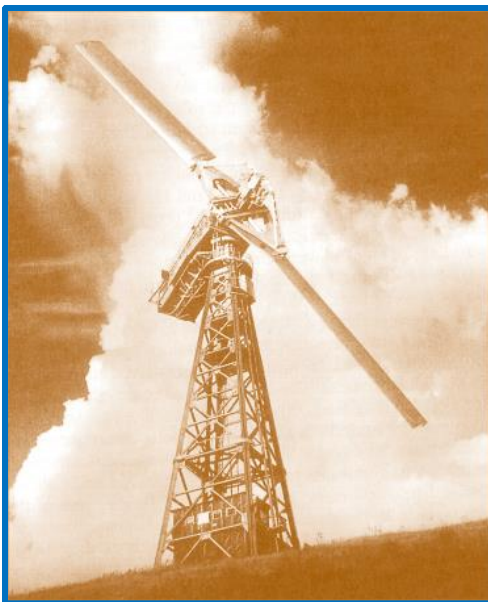
1930-cu ildə həyata keçirilən külək turbinləri ölçülərinin onun səmərəliliyinə təsirinin uzun sürən araşdırmalarından sonra Masakuses Texnoloji İnstitunun 1924 –cü il məzunu, mühəndis Putnam belə nəticəyə gəldi ki, istehsal olunan elektrik enerjisinin maya dəyərinin minimuma endirmək üçün böyük ölçülü külək turbinlərinə keçidi təmin etmək tələb olunur. Bu məqsədlə, məşhur aerodinamik Karmanın iştirakı ilə şəbəkədə işləmək üçün yüksək güclü külək turbinini hazırladı. Turbinin İstehsalı "S. Morgan Smith Company" (York, PA), sinxron generator isə "General Electrik" şirkəti tərfindən hazırlanmışdır. Qeyd edək ki, Putnam Balaklavada quraşdırılmış 100 kVt turbin haqqında məlumat əldə etmişdir və bu onu daha güclü qurğunun hazırlanması üçün böyük stimul vermişdir [66].

Külək qurğusu 1940-cı ilin əvvəllərində hazırlandı və sınaqdan keçirildikdən sonra 1941-ci ildə yerli elektrik şəbəkəsinə qoşuldu. Şəbəkə Rutland, Vermont yaxınlığında, Grandpas dağının zirvəsində, dəniz səviyyəsindən təxminən 610 m yüksəklikdə yerləşirdi (*Şəkil 5.24*).

Külək turbinin qülləsinin hündürlüyü *36 m* olmaqla beton təməldə təqribən *7 m* dərinliyə qoyulmuş bir polad torda quraşdırılmışdır. Diametri *53 m* olan iki pərli külək çarxının uzunluğu *20 m* və eni *3,7 m* təşkil edirdi. *14 m / s* külək sürətində turbinin gücü *1250 kVt*-a çatırdı. Külək çarxı *28.7 dövr/dəq* sürətlə fırlanırırdı.

Turbinin külək istiqamətinə tənzimlənməsi hidravlik mexanizm tərəfindən həyata keçirilirdi. Külək turbinini elektrik mühərriki ilə idarə olunan əyləc cihazı ilə dayandırılırdı.

1941-ci ilin oktyabrından 1945-ci ilin martına qədər bu külək elektrik stansiyası *360 min kVt / saat* istehsal etdi. Bu dövrdə cəmi 1010 saat işlədiyi, bunun 838 saatı elektrik sistemi ilə paralel olaraq orta hesabla 431 kVt güclə fəaliyyət göstərmişdir. 1945-ci ilin mart ayında külək turbinində 7 ton ağırlığında olan külək turbininin pərinin qırılması nəticəsində, qurğu fəaliyyətini dayandırmaq məcburiyyətində qaldı



Şək. 5.24. BЭС "Smit3Putnem" KES-in ümumi görünüşü (1250 kVt) [66].

Qəza, idarəetmə sisteminin qeyri-kafi layihəsi səbəbindən baş vermişdi. Qəza II Dünya Müharibəsi dövründə baş verdiyindən təmir üçün lazımi material və işçi qüvvəsinin çəlb edilməsi mümkün olmadığna görə, külək quğusunu bərpa etmək mümkün olmadı və qurğu öz fəaliyyətini dayandırdı.

Qeyd edək ki, ötən əsrin 80-ci illərində qədər ikinci böyük güclü külək turbini quraşdırlmamışdır.

O dövrdə aparılan iqtisadi hesablamalar, bərpa olunan külək turbininin ənənəvi elektrik qurğuları ilə rəqabət dözə bilmədiklərinə görə, külək turbinlərindən imtina olundu. Buna baxmayaraq, Grendpass dağındakı külək turbini qlobal külək enerjisinin inkişafında mühüm mərhələ oldu.

XX əsrin 70-ci illərində məlum enerji böhranının başlanğıcına qədər dünyanın qalan hissəsində kiçik güclü külək elektrik stansiyaları fəaliyyət göstərirdi.

5.3.3. Külək qurğularının növləri

Külək qurğularının növləri ilə bağlı qeydlərə keçməzdən əvvəl, külək enerjisinin gücü ilə bağlı qısa məlumat vermək oxucular üçün faydalı olar.

Mlumdur ki, küləyin orta sürəti yer səthindən hündürlük artıqca artır, bu o deməkdir ki, güc də artır. Məsələn, hesablamalara görə yerdən 20 metr yüksəklikdə, güc 5 m hündürlükdə mövcud olandan təxminən 22% çoxdur. 1 m^3 havanın kinetik enerjisi (joulla) $0.5pv^2$-ə bərabərdir, burada p - hava sıxlığı (səthdə təxminən 0,12 kq / m^3), v - küləyin orta sürəti (m / s).

Külək gücü (vattla) külək enerjisinin bir məhsuludur, küləyin istiqamətinə perpendikulyar olaraq yerləşən pərlərin sahəsi (A, m^2 ilə) və küləyin sürətinin kubu ilə mütənasibdir ($0.5pAV^3$). Küləyin gücü küləyin orta surətinin kubu ilə mütənasib olaraq artdığına görə, sürəti ikiqat artıraraq mövcud gücünü səkkiz dəfə artırmaq olar. İlk dövrlərdə nisbətən ağır və zəif qurulmuş külək dəyirmanlarının işləməsi üçün ən az 25 km / saat (7 m / s) sürətlə əsən küləklər lazım idi. Daha aşağı sürətlərdə onlar yalnız yavaş dönürdülər, lakin küləyin sürəti 10 m/s çox olduqda pərlərin sahəsinin azaldırlması məcbuiriyyəti yaranırdı, daha yüksək surətlərdə sahənin azaldılması davam etdirilməli idi. Bu səbəbdən külək aqreqatlarını yalnız məhdud külək dəhlizli gündəlik faydalı iş saatları 5-7 saat təşkil edirdi.

Bütün bu amillər daimi güclü küləklər olan yerlərin üstünlüyünə səbəb oldu. Daha səmərəli, çevik olan güc dəyirmanları yümüşaq ötürmə və yaxşı yağlama sistemləri külək qurğularının işləmə saatının sutka ərzində 10-12 saata

qaldırmağa imkan verdi. Sənaye dövründən əvvəl cəmiyyətlər yalnız yer səthinə yaxın əsən külək axınlardan istifadə edə bilirdilər, və əksər dəyirmanların qanadları 10 metrdən az idi. Külək axınları zaman və məkana görə böyük dəyişkənliyə malik olduqlarına görə, hətta əlverişli ərazilərdə küləyin orta illik sürəti 30% dəyişdiyini nəzərə alaraq, qurğuların yalnız 30-50 metr yerinin dəyişməsi küləyin orta surətinin azalma və ya artması ilə müşahidə olunur.

Qeyd etmək yerinə düşər ki,heç bir qurğu küləyin bütün enerjisini mənimsəyə bilməz, əks halda bu tamamilə külək axınlarının dayandırılmasını ilə nəticələnə bilərdi. Alman mühəndisi Albert Betz-in 1919-cu ildə dərc etdiyi nəzəriyyəyə əsasən, maksimum külək axınının kinetik enerjisinin 60% -i mexaniki enerjyə çevirilə bilər [67]. Real səmərəlilik sənayedən əvvəlki dövrdə quraşdırılmış külək qurğuları üçün 20-30% təşkil etmişdir. XVIII əsrin qüllə dəyirmanı 20 m diametrli bir pərlə, küləyin 10 m / s sürətində nəzəri gücü təqribən 189 kVt olmasına baxmayaraq, real əldə olunan güc 50 kVt-dən az enerji təşkil etmişdi.

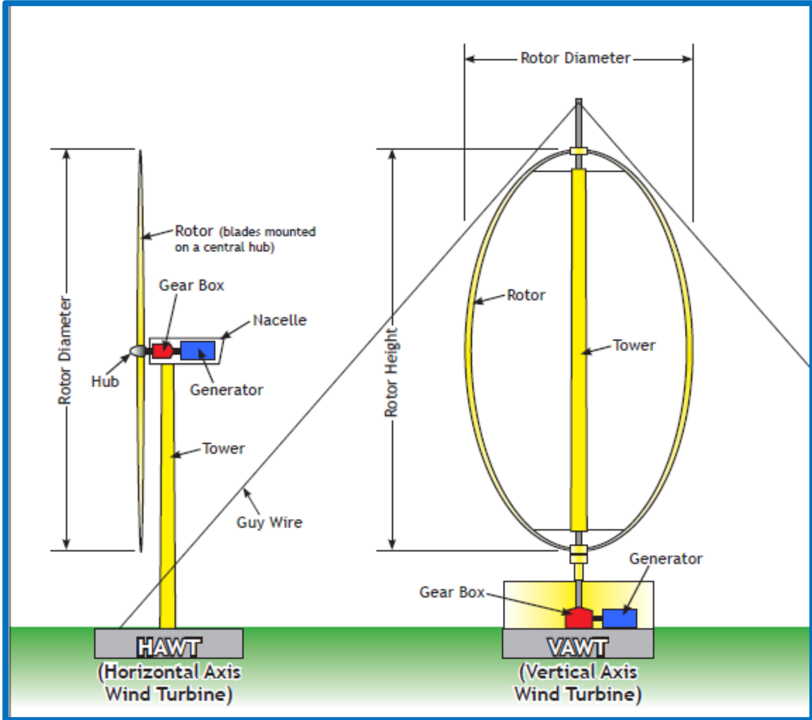
Ötən dövr ərzində çox sayda külək generatorları hazırlanmışdır. Fırlanma oxunun külək axının istiqamətinə nəzərən yerləşməsindən asılı olaraq külək generatorlarını aşağıdakı kimi təsnif etmək olar [68, 69, 70]:

- külək axınının istiqamətinə paralel və ya perpendikulayar, üfüqi fırlanma oxu ilə, yəni pərlər yerləşdirilən ox yer səthinə paralel yerləşdirlir;
- külək axınının istiqamətinə perpendikulyar, şaquli fırlanma oxu ilə, yəni pərlər yerləşdirilən ox yer səthinə perpendikulyar çəkildə yerləşdirlir.

Həmçinin, külək enerjisini, hər hansı hərəkət edən mexanizm tətbiq etmədən, elektrik enerjisinə çevirən qurğular işlənmişdir. Bunlara, məsələn, Tomsonun termoelektrik effekti əsasında qurulan külək axınında soyudulma prosesini göstərmək olar. Elecə də, əgər mexaniki enerji birbaşa digər növ enerjiyə,

məsələn su sistemlərində, kənd təssərüfatı məhsullarının emalı üçün tətbiq olunursa, onda bu qurğular *külək dəyirmanları*, elektrik enerjisinə çevirildikdə isə *külək generatoru* adlandırılır.

Üfüqi fırlanma oxu olan külək turbinləri (ÜOKT) külək enerjisini çevirmək üçün qaldırma güc və ya müqvimət gücündən istifadə edə bilər (*şəkil 5.25*).



Şəkil 5.25. Üfüqi fırlanma oxlun külək turbini (Source: Adapted from National Energy Education Development Project (public domain)

Baxmayaraq ki, ÜOKT-dan fərqli olaraq, şaquli oxlu külək turbinləri (ŞOKT) əsrlər boyu mövcud olmuşdur, onların ümüumi cəhətləri demək olar ki, yoxdur. Bunun da əsas səbəbi onunla bağlıdır ki, ŞOKT-da küləyin surətinin aqreqatın gücünə

təsiri ÜOKT-ə nisbətən daha azdır. Bu səbədən, üfüqi fırlanma oxlu turbinləri daha çox tətbiq olunmuşdur.

Pərlər yerləşdirilən fırlanma oxu yer səthinı paralel olmaqla yanaşı, ox külək axınına paraleldir.

Bəzi ÜOKT küləyin qaldırma modulunda (up-wind, rejimində) işləmək üçün nəzərdə tutulmuşdur (qüllənin pərləri birbaşa küləklə qarşılaşır) (*şəkil 5.26. a*) [68]. Külək turbinlərinin konstruksiyasında istiafdə olunan bu üsul küləkdən enerji əldə olunmasının daha effektivlisi hesab olunur.

a) *b)*

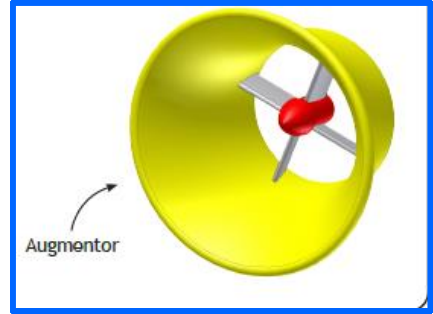
Şəkil 5.26. Üfüqi fırlanma oxlu (a) və şaquli fırlanma oxlu külək turbini [68]..

Belə ki, bu yanaşmada qüllənin arxa hissəsinin külək kölgəsinin qarşını aılmaqğa imkan verir.Bununla yanaşı, külək kölgəsi qüllənin qabaq hissəsində yaranır. Bunun qarşısının alaınması məqsədilə, rortoru qüllədən uzaqlaşdırmaq tələb olunur ki, bu da böyük vəsait tələb edir.

Bu tip turbinlər hazırda iki- və üç-pərli konstruksiyada olmaqla daha çox tətbiq olunmaqdadır. Bunların qülləsinin hündürlüyü 120 metrə çatdırılmışdır. Böyük külək turbinlərində maşının külək istiqamətinə reaksiyasını təmin etmək üçün motorlu mexanizmlərdən istifadə olunur. Kiçik güclü külək turbinlərində bu funksiyanı quyruq çubuğu yerinə yetirir.

Digər külək turbinləri endirmə (down-wind) rejimində işləyirlər ki, bu halda külək pərləri küləyə müqavimət göstərmirlər, buna görədə külək faktiki olaraq pərlərin arxa hissəsi ilə qarşılaşır (zərbə endirir) və onu hərəkət etməyə məcbur edir (*şəkil 5.26. b*) [68]. Bu üsul rotorun daha çevik hazırlanmasına və bunun nəticəsində, külək kölgəsini azlatmağa və daha yüngül modelin hazırlanmasına imkan verir. Eyni zamanda, külək birbaşa külək kölgəsindən əsdiyinə görə, küləyin gücü dəyişkən olur və bu konstruksiya külək kölgəsini azaltmağa imkan versə də, aşağı təzyiqli belə turbinlərdə külək kölgəsi hələ də kifayyət qədər yüksəkdir.

Diffuzor-Artırılmış (Diffuse-Augmented) külək turbinləri kimi də tanınan üfüqi oxlu kürəkli turbinlər, sistemdəki hava axını artıran bir üzük şəklində ayrodinamik örtüyündə yerləşirlər (*şəkil 5.27*) [68]. Bu layihə ayrodinamik örtükdə yaranan hava axınının artması səbəbindən üfüqi oxlu külək turbinlərinin gücünü 5 qat artıra bilər. Pərlər ayrodinamik örtüklə örtüldüyünə görə, turbinlərdə turbulans və səs-küy də azalır. Lakin, bunlar çox bahalı turbinlər hesab olunur və müasir, yüksək sürətli turbinlərlə rəqabətdə uduzurlar.

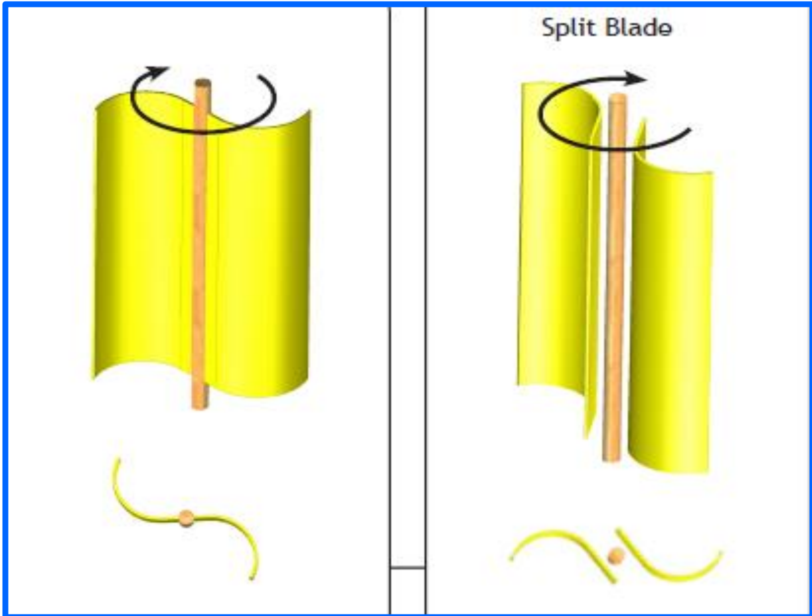


Şəkil 5.27. Kürəkli ÜOKT [68].

Külək çarxı fərqli sayda pərlə icra oluna bilər; əks çəkili yükü olan bir-pərlidən çox-pərli olan (pərlərinin sayı 50 və ya daha çox) külək generatorlarına qədər. Üfüqi fırlanma oxu olan külək çarxları bəzən istiqamətə görə fiksasiya olunur, yəni küləyin istiqamətinə perpendikulayr olan bir şaquli oxda dönə bilmirlər. Bu tip külək generatoru yalnız bir istiqamətdə üstünlük təşkil edən külək istiqaməti olduqda istifadə olunur.

Əksər hallarda, külək çarxlarının quraşdırıldığı sistem (başlıq adlandırılan) dönər, küləyin istiqamətinə yönəldilmişdir. Kiçik külək generatorlarında, quyruq lələkləri ümumiyyətlə bu məqsəd üçün istifadə olunur; böyük külək generatorlarında idarəetmə sistemləri istiqaməti yönəldir.

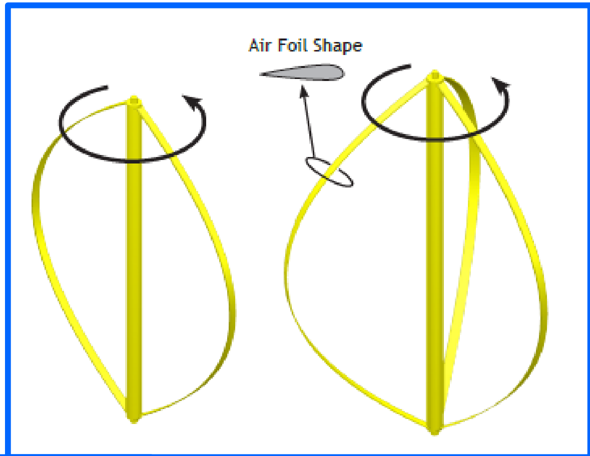
Şaquli fırlanma oxlu külək generatoru. Belə rotorlar ÜOKT-nə nisbətən vacib üstünlüklərə malikdir. Belə ki, ŞOKT-ı üçün küləyə istiqamətləndirmə



Şəkil 5.28. Savonius turbinlərinin: a) bütöv pərli, b) bölünmüş pərli [68].

cihazlarına ehtiyac olmur, layihə sadələşdirilir və pərlərdə, ötürmə sistemində və digər elementlərində əlavə gərginliyə səbəb olan hidroskopik yük azalır. Eyni zamanda, ŞOKT, onların layihəsi ilə bağlı olaraq effektivliyi (frılanma surəti)

ÜOKT-nə nisbətən aşağı olduğuna görə daha az tətbiq olunmuşdur.



Bu cür qurğulara plitələr, kubok şəklində və ya turbin elementləri olan qurğular, həmçinin qaldırıcı qüvvə təsir edən *S* şəkilli pərləri olan *Savonius rotorları* (*şəkil 5.28*) daxildir. Bu tip qurğularda böyük başlanğıc momentə, lakin adi rotorla müqayisədə daha aşağı sürət və gücə malikdir [71, 72].



a)

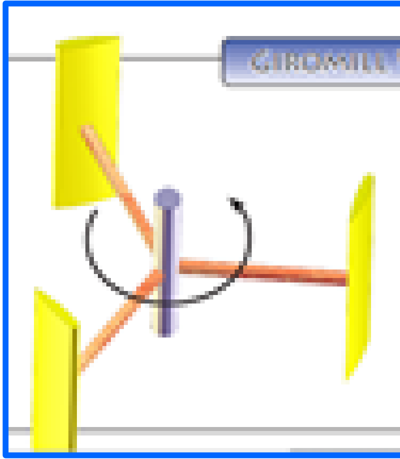
Şəkil 5.29. Dariye turbini:
a) layihəsi
b) Kavbek, Canadada quraşdırılmış böyük güclü Dariye turbini [73].

b)

1920-ci ildə Fransada, Dariye 1970-ci ildən başlayaraq üzərində intensiv şəkildə işləməyə başladığı ŞOKT-un yeni bir rotor növü təklif etdi [73]. Hazırda *Dariye külək generatoru* qanad tipli külək generatorlarının əsas rəqibi hesab edilə bilər (*şəkil 5.29)*

Dariye rotoru, qanadın profilinin eninə kəsiyində movcud olan qabarıq pərlərdə qaldırıcı qüvvədən istifadə edən külək

generatorlarına aiddir [73,74]. Rotor nisbətən kiçik başlanğıc momentinə malikdir və buna görə yüksək sürət, kütlə və ya dəyərə düşən xüsusi güc böyük olur. Belə rotorlar bir, iki və ya daha çox fərqli pər formalara (Φ-, Δ-, Y- və romb şəkilli) malikdir. Turbinin pərləri yüngül və eyni zamanda kifayət qədər möhkəm olmalıdır. Onlar ağac, polad və ya optic - şüşə kimi süni materiallardan hazırlanır.





Şəkil 5.30. Giromil ŞOKT-nin görünüşü [68].

ŞOKT-in bir növü, *Giromil tipli külək turbinləridir (şəkil 5.30)* . Onlar, ümumiyyətlə mərkəzi oxa birləşdirlmiş iki və ya üç şaquli aerodinamik pərlərlə icra olunur. Giromill turbinləri qiymətcə ucuzdur və turbulent külək şəraitində yaxşı işləyir, lakin enerji istehsalına görə ÜOKT ilə rəqabət qabiliyətli deyil [68].

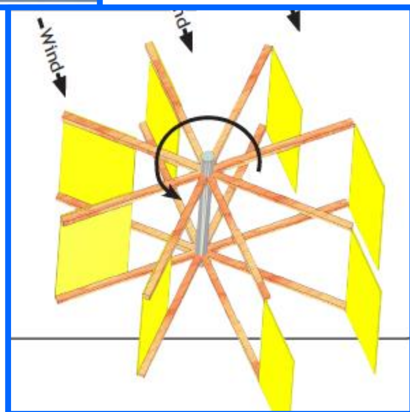
Şəkil 5.31-dən göründüyü kimi, ŞOKT-nin növlərindən biri olan *çırpma panelli turbinlərin* pərlərinə külək istənilən istiqamətdən daxil ola bilər. Bu halda külək turbini eyni şəkildə fəaliyyət göstərəcək [68].

Hazırda, yuxarıda qeyd olunanlarla yanaşı, hər gün yeni dizaynlı turbinlər təklif olunur, hətda pərsiz külək turbinlər belə hazırlanmışdır. Lakin, global güclü rəqabət mühütində, yalnış iqtisadi cəhətdən daha effektiv olan qurğular "yaşamağa vəsiqə" alır.



Müasir külək generatorları daha məhsuldardır. İstehsal olunan elektrik enerjisinin miqdarı küləyin gücü və pərlərin sahəsi ilə düz mütənasibdir. Məsələn, pərlərin sahəsini ikiqat artırmaqla dörd qat daha çox elektrik enerjisi hasil edə bilərik.

Şəkil 5.31. Çlrpma panelli ŞOKT



Kiçik və orta ölçülü külək turbinləri adətən ada və ya kiçik ucqar yaşayış məntəqələrini elektrik enerjisi ilə təmin olunmasında istifadə olunur. Məsələn,ABŞ-da Massachusetts sahillərində yerləşən Cattihank adasında bir külək generatoru iki

yüz nəfərin - adanın bütün əhalisini təmin etmək üçün kifayət qədər enerji istehsal edir.

Hazırda ABŞ, ÇXR Böyük Britaniya, Danimarka və Kanadada vahidinin gücü 9 MVt-dən çox elektrik gücü olan külək turbinləri istehsal olunur. Dünyanın ən böyük külək generatoru; Vestas şirkəti tərəfindən hazırlanan vahidinin gücü 9,5 MVt təşkil edən V164 tibli külək turbini hesab olunur [75]. GE şirkəti vahidinin gücü 12 MVt olan Haliade – X tipli dəniz və okean sularında quraşdırıması üçün dünyanın ən böyük külək turbinini təqdim etmişlər [76]. Bu turbinin hündürlüyü 260 metr, rotorunun diametri isə 220 metr təşkil edir. Belə bir ədəd aqreqat orta hesabla il ərzində 67 miliyon kVts elektrik enerjisi istehsal etməyə imkan verir.

Eyni zamanda, qeyd etmək lazımdır ki, külək energetikasının vahidinin gücünü artırmaq yolu ilə inkişaf etmə ehtimalı azdır. Əksinə, gələcək istehsal və istismar üçün daha rahat olan orta ölçülü turbinlərə aiddir. Müasir külək generatorlarının nə qədər böyük və güclü olmasına baxmayaraq, onlar hələ də böyük şəhərlərin ehtiyaclarını tam ödəyə bilmirlər. Kiçik külək parkları dünyanın bir çox ölkələrində uğurla fəaliyyət göstərir. ABŞ-da, məsələn, bir çox fermanın və kiçik şəhərlərin əlçatmaz ərazilərində yerləşdirilməsi üçün 1,5 kVt--lıq külək generatorunun inşası ciddi şəkildə təşviq olunur. Almaniyadakı Şimali Fris adalarından birində uzun illərdir dəniz suyunu duzsuzlaşdıran qurğu fəaliyyət göstərir və hətta Pelvorm adasında fərqli külək turbinlərinin sınaqları üçün bir sınaq sahəsi yaradılmışdır. Təcrübə göstərir ki, onlardan istifadə dizel mühərriklərindən istifadə ilə müqayisədə 4 dəfə, suyu maşınlarla daşınmasından isə 10 dəfə ucuzdur.

Yuxarıda qeyd olunanlarla yanaşı, küləyin gücünün qeyri – sabit olması, davamlı elektrik enerji təchizatının təmin olunmsı üçün onun akumlyasiya olunmasının tələb edir. Lakin,

mövcud akumlyasiya sistemləri kifayət qədər bahalı olduğuna görə kiçik güclü külək turbinləri üçün daha effektli hesab olunur. Bu səbədən külək enerjisini istehsal olunan məhsulun özündə akumlyasiya etmək daha məqsədəuyğun hesab olunur. Bütün bunlar, məhz külək turbinlərinin kənd təssərüfatı sahələrində tətbiqinin effektivliyini artırır.

Külək turbinlərinin üstünlüklərindən biri də odur ki, onlar bizim ehtiyaclarımıza uyğun (unison) olaraq hərəkət edirlər. Məlumdur ki, Dünyanın əksər bölgələrində ən güclü küləklər adətən payızda və qışın əvvəlində - insanın ən çox işıq və istiliyə ehtiyac duyduğu zaman müşahidə olunur. Əksinə, sakit küləklər - əsasən yayda – nisbətən az enerji istehlakı dövrlərinə təsadüf edir (təbii ki, məişət istehlakı haqqında danışırıq). Ancaq bu və digər üstünlüklər əsas çatışmazlığa nisbətən solğun görünür: külək turbininin gücünü artırmaq üçün pərlərin ölçüsünü artırmaq, yəni konstruksiyanın çəkisini daha da artırmaq tələb olunur. Bu halda, külək generatorunun işləməsi üçün daha da böyük külək sürəti tələb ediləcəkdir, yəni qurğunun tətbiq sahələri daralacaqdır.

5.3.4. Külək turbinləri texnolojiyasının inkişaf etdirilməsində elmin töhfəsi

İlkin mərhələdə külək turbinlərinin inşaası yalnız uzun illər əldə edilmiş təcrübəyə əsaslanırdı. Mütəxəssislər sonrakı nəsillərə kitablar vasitəsi ilə deyil, praktiki işlərlə öyrədirdilər. Qurğuların forma və sınaq metodlarının təkmiləşdirilməsi, hər hansı bir uğurun əldə olunması başqalarına nümunə olurdu və tədricən təcrübə bazasını zənginləşdirirdi.

XVIII əsrdə Avropada maşınqayırma istehsalı sahəsinin meydana gəlməsi elmin və ixtiranın inkişafına təkan verdi, küləkdən istifadə probleminin həllində elmi yanaşmanın meydana gəlməsinə şərait yaratdı.

Təcrübələrdən nəzəri nəticələrə keçid XVIII əsrin əvvəllərinə təsadüf edir. Yer atmosferinin xassələri havadakı cisimlərin hərəkətinə güclü təsir göstərdiyindən XVIII əsrin ortalarında böyük rus alimi M.V. Lomonosovun (1757-1765) atmosfer fizikası və meteorologiya sahəsindəki tədqiqatları küləyin istifadəsi probleminin həllində mühüm addım oldu [77, 78, 79, 80]. XIX əsrin sonlarında meteorologiyada riyazi və təcrübi metodların tətbiqinin təşəbbüskarı, Peterburq Elmlər Akademiyasının müxbir üzvü A.V. Klossovskinin (1846–1917) təşəbbüsü ilə Rusiyada artıq meteoroloji müşahidə şəbəkəsi fəaliyyət göstərirdi. Külək turbini nəzəriyyəsinin daha sistemli bir şəkildə meydana çıxması da bu dövrə təsadüf edir [81].

Elm və texnikanın sonrakı inkişafı üçün N.E. Jukovski (1847–1921), S.A. Çapliqin (1869-1942), L. Prandtl (1875-1953) və bir çox digər mexanika üzrə alimlər qanad, hava vinti və sərhəd təbəqəsi nəzəriyyəsi (1904, 1905, 1910) həlledici əhəmiyyətə malik olmuşdu [82, 83].

1905-ci ildə N.E. Jukovski, qaldırıcı qüvvənin meydana gəlməsi mexanizmini kəşf etdi və məşhur "Bağlı şüalar üzərində" əsərində bu qüvvənin kəmiyyətcə təyin olunması üçün teoremi isbat etdi. Bu tədqiqatlar bir elm olaraq aerodinamikanın əsasını qoydu.

Təcrübə (eksperimental) metodunun geniş miqyasda mexanikaya tətbiqi N.E. Jukovski və K.E. Tsiolkovskinin (1857–1935) böyük xidmətləri olmuşdur. Rusiyada ilk olaraq külək tunelləri yaradıldı.

902-ci ildə N.E. Jukovski Moskva Universitetində Avropada ilk sorma tipli külək tunellərindən birini inşa etdi. 1910-cu ilə qədər dünyada ilk üç aerodinamik institut fəaliyyət göstərdi - Romada, Amerikada və Rusiyada.

N.E. Jukovsky və S.A. Chaplygin əsərlərinin 1910-cu ildə meydana çıxmasından sonra qanad nəzəriyyəsinin sürətli inkişaf dövrü başlayır [68,69].

Serqey Alekseevic Çapılqin (1869–1942)



N.E. Jukovskinin "Bağlı çuxurlarda" və "Təyyarələrin dəstəkləyici səthlərinin konturlarında", S.A. Chaplyqin "Tıxanan cisimlərə təyyarə-paralel axının təzyiqi haqqında" və "Monoplan qanadının ümumi nəzəriyyəsi haqqında" işləri mahiyyətcə qanad profilinin sıxılmayan qazda işləməsi haqqında bütün əsas məlumatları ehtiva edir.

Elmin bu qədər sürətli inkişafına səbəb olacaq və uzun illər aerodinamikanın mərkəzində Jukovski və Çapliqinin olmuşdur. Qanad və vint nəzəriyyəsi ilə bağlı bütün araşdırmalar bir növ bu işlər ilə bağlı olmuşdur.

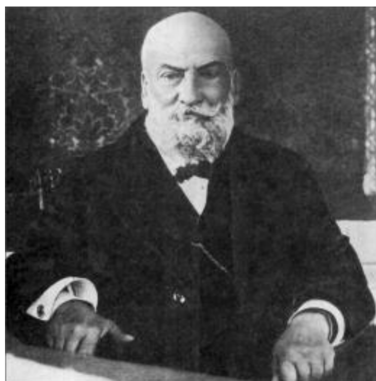
1912-ci ildə N.E. Jukovski tərəfindən "Aeronavtikanın nəzəri əsasları" əsəri nəşr olundu. Kitab xarici alimlər tərəfindən yüksək qiymətləndirilmiş və 1916-cı ildə Parisdə fransız dilinə tərcümə edilmişdi.

Aviasiyanın inkişafı, bunun böyük uğuru aerodinamikanın yaradıcısı, ən böyük rus alimi N.E. Jukovski, külək enerjisindən istifadənin nəzəri məsələlərini yeni şəkildə həll üçün şərait yaratmışdı.

1914-1918-ci illərdə. N.E. Jukovski və tələbələri V.P. Vetchinkin, G.X. Sabinin, N.V. Krasovski, G.F. Proskura və başqaları ilk dəfə külək turbinlərinin nəzəriyyəsini yaratdılar.

Təyyarənin qanad və vint nəzəriyyəsi və sınaqları, külək çarxından hava axını nəticəsində baş verən hadisələrin öyrənilməsinə tətbiq olunmuşdu.

İdeal külək çarxı nəzəriyyəsi ilk dəfə 1914-cü ildə V.P. Vetkinkin (1888-1950) ideal vint nəzəriyyəsinə əsaslanmışdır. Bu işdə, O, ideal külək çarxının külək enerjisindən istifadə əmsalı anlayışını əsaslandırmışdı.



Nikolay Eqoroviç Jukovski (1847-1921)

1920-ci ildə N.E. Jukovski "NEC tipli külək dəyirmanı" nəzəriyyəsini ortaya qoydu. Oxşar nəzəriyyələr sonradan digər alimlər təfəindən də hazırlanmışdır.

N.E. Jukovskinin ideal külək turbinlərinin nəzəriyyəsi klassik nəzəriyyə adını aldı. Bu nəzəriyəyəy uyğun olaraq o, külək enerjisindən ideal bir külək çarxı ilə istifadənin maksimum əmsalı 0,593 olduğunu təyin etdi [84].

Praktik tətbiq nöqteyi-nəzərindən daha dolğun olan ideal külək çarxı nəzəriyyəsi professor G.X. Sabinin tərəfindən işlənildi.. Onun nəzəriyyəsinə görə, külək enerjisinin bir külək çarxı ilə maksimum istifadəsi 0.687 təşkil edir [85, 86, 87].

Dünyada külək turbinləri aerodinamikası ilə məşğul olanlar az idi: Almaniyada Göttingen aerodinamik və sınaq laboratoriyasının müdiri doktor Albert Betz və Ştutqart Universitetinin professoru Ulrich Hütter [88] və ABŞ-da məşhur aerodinamik Teodor fon Karman (1881-1963) [89].

W. Hutter, külək enerjisi sahəsində onlarla ixtiraya patent aldı və onlarla elmi məqalə və məruzə nəşr etdirdi. Pərlərə tüstü bomba və ya iz qoyan eksperimentlər texnikasını inkişaf etdirdi.

və ilk dəfə tədqiqatda tətbiq etdi. Bir külək pərinin birinin sonluğunda tüstü bomba işə salındıqda elektrik cərəyanı tərəfindən alovlanaraq dönmə müstəvisindən kənarda uzanan spiral tüstü izi tərəfə bir foto, film və ya video film çəkilmişdir (*şəkil 5.32*). Şəkillərin deşifrə edilməsi, bir hava qülləsində



Şek. 5.32. Külək təkərinin bıçaqlarından birinin ucuna quraşdırılmış tüstü bombalarının izi [88].

küləyin sürətinin qeydə alındığı zaman müəyyən nöqtələrdə külək çarxının səmərəliliyini qiymətləndirməyə imkan verdi [88].

Külək enerjisindən istifadənin nəzəri əsaslarının yaradılması ixtiraçıların və layihəçilərin işlərini gücləndirdi.

1925-ci ildə Fransada və 1926-cı ildə ABŞ-da Darie külək turbinini patentləşdirdi. 1926-cı ildə fin mühəndisi Savonius rotor və ya dönər külək turbinini hazırladı.

1930-cu illərin əvvəllərində, böyük güclü külək ferması köhnə SSRİ-də ilk dəfə inkişaf etdirildi. Bundan əvvəl dünyada belə stansiyaların gücü 100 kVt-dan çox olmamışdı. 1932-ci ildə Yu.V. Kondratyuk (1897-1941, super güclü bir külək fermasının layihəsi üçün yarışmada iştirak etdi.).

1933-cü ilin aprel ayında külək təsərrüfatı layihələrinin müayinəsi Yu.V. Kondratyuk və Ukrayna Sənaye Enerji İnstitutunun dizayn layihələrinin qələbəsi ilə başa çatdı [64].

Sovet İttifaqında professor V.N. Andrianovun rəhbərliyi altında, külək təsərrüfatlarının qeyri-külək elektrik stansiyaları və enerji sistemləri ilə paralel işləməsinin əsas problemləri nəzəri cəhətdən inkişaf etdirilmiş və eksperimental olaraq təsdiq edilmişdir. Professor E.M Fateevanın rəhbərliyi altında aqreqasiyanın əsasları və külək turbinlərinin səmərəli işləmə metodları araşdırılmışdı.

XX əsrin 30-cu illərinin ortalarında dünya birliyi artıq külək turbinləri pərləri üçün yüksək keyfiyyətli aerodinamik profillərə sahib idi, bunlar da külək turbinlərinin müxtəlif modellərinin yaradılmasını mümkün etmişdi. Bu nailiyyətlər, bir sıra elmi qurumlar tərəfindən külək quğularının hesablanması və layihə üsullarının işlənib inkişaf etdirilməsi və dünya külək mühəndisliyinin inkişafı istiqamətində yaxşı bir zəmin yaratmışdı.

5.4. ƏTRAF MÜHÜT VƏ KÜLƏK ENERGETİKASININ PERESPEKTİVLƏRİ

Hazırda, ekoloji problemlər tədricən bəşəriyyətin əsas narahatlıqlarından birinə çevrildiyi zaman müxtəlif enerji mənbələrindən istifadə yalnız güc və iqtisadi səmərəlilik

baxımından deyil, ətraf mühitə təsiri baxımından da böyük əhəmiyyət kəsb edir.

İlk baxışdan, deyə bilərik ki, külək enerjisi tamamilə ekoloji cəhətdən təmizdir və təbiətə və insanlara zərər vermir. Həqiqətdə isə belə deyil. “Statista” agentliyinin məlumatına əsasən 2019-cu ilinin sonuna quraşdırılmış külək elektrik stansiyalarının ümumi gücü 650 GVt-ı ötmüş, qurğuların dünya üzrə sayı isə 340 min ədəddən çoxdur [90]. Bu yüz minlərlə külək turbinlərin formalaşdığı güclü külək parkları bir çox problem mənbəyinə çevrilmişdir: ağlasığmaz səs-küy yaratmaqla , radio və televiziya yayımlarına maneələr yarada bilir. Bundan əlavə, nəhəng qüllələr əksər hallarda quşların mövsümü miqrasiyasına mane olur. Əlbəttə ki, istilik elektrik stansiyalarının təbiətə vurduğu böyük ziyanla müqayisədə külək qurğuları tərəfindən yaradılan ziyanlar nəzərəçarpan səviyyədə deyil. Eyni zamanda, gələcəkdə tamamilə "təmiz" enerji əldə etmək istəyiriksə, külək turbinlərinin ətraf mühitə təsiri problemləri bu gün həll edilməlidir. Bu həllərdən biri və ən perspektivlisi - sahildən çox məsafədə açıq dənizdə (offshore) külək generatorları quraşdırmaqdır. Bu, təkcə təhlükəsizliyi deyil, həm də səmərəliliyi artıracaq, çünki okeanların geniş ərazilərində külək potensialı daha yüksəkdir. Əlbəttə, açıq dəniz sularında külək generatorlarının quraşdırılması və sistemə inteqrasiyası quruda tikilən stansiyalara nisbətən, orta hesbala iki dəfə çox kapital qoyuluşu tələb edir. Lakin, külək enerjisindən istifadə əmsalının təqribən 1,5 dəfə yüksək olması (>58 %) və ekoloji xərclər də nəzərə alınmaqla, offshore külək stansiyaları iqtisadi cəhətdən səmərəli hesab olunur [91].

Qeyd etmək yerinə düşər ki, Qlobal Külək Enerjisi Şurasının (GWEC – Global Wid Counsil) məlumatına əsasən təkcə 2019-cü ildə global səviyyədə offshore külək sənayesi 6,1 GW yeni generasiya mənbələri daxil edilmiş və bu ötən ilin müvafiq səviyyəsini 35 % üstələmişdir. 2020-ci ilin əvvəlinə dəniz və oken sularında quraşdırılan külək stansiyalarının

ümumi gücü artıq 29 GW-a çatdırılmışdır. Eyni mənbənin məlumatına görə 2024-ci ilə qədər əlavə 50 GW gücün istismara təhvil verilməsi planlaşdırılır [76]. Azərbaycan Respublikası Alternativ və Bərpaolunan Enerji Mənbələri üzə Dövlət Agentliyinin məlumatına əsasən, Xəzər dənizinin Azərbaycana aid hissəsində külək potensialı 10000 MVt-dan çoxdur və bu böyük həcmdə elektrik enerjisi istehsalı üçün əlverişli şərait mövcuddur.

Artıq qeyd edildiyi kimi, külək enerjisindən istifadənin əsas problemi küləyin qeyri – sabit olmasıdır. Külək olmayan günlərdə enerjisinin akumlyasiya olunmasının müxtəlif üsulları mövcuddur. Bunlardan ən sadəsi, biri digərinin aşağı hissəsində yerləşən iki su anbarı sistemini yaratmaqdır. Küləkli günlərdə istehsal olunan elektrik enerjisi aşağıda yerləşən su anbarından yuxarıya suyu vurmaq üçün istifadə edilə bilər. Külək generatorunun fəaliyyəti mümkün olmadıqda isə yuxarı su hövzəsində yığılan suyun enerjisindən istifadə etmək mümkündür. Bu halda su yuxarıdan aşağı hövzəyə daxil olacadır. Akumlyasiyanın başqa bir üsulu, suyun elektrolizi üçün külək enerjisindən istifadə olunasıdır - sudan hidrogen və oksigen istehsal olunur. Məlumdur ki, hidrogen hər hansı bir yanacağı əvəz edə biləcək ideal bir yanacaqdır. Yanma istiliyi təbii qazla müqayisədə 3,6 dəfə yüksəkdir. Küləkli günlərdə kifayət qədər hidrogen tədarük etsəniz, qaz boru kəmərləri ilə istənilən yerə nəql edilə və sonra istilik elementlərində istifadə oluna bilər. Bu texnolojiya ilə bağlı növbəti Fəsildə daha geniş məlumatlar təqdim olunur.

Aparıcı institutların hsablamalarına görə, yer kürəsinin ümumi külək enerjisi potensialı dünya üzrə illik elektrik istehlakından təqribən 30 dəfə yüksəkdir. Əlbəttə, bütün bu enerji ehtiyatından istifadə edilə bilməz. Normal külək turbinləri üçün hava axınının sürəti orta hesabla *3 m / s*-dən az və *50 m / s*-dən çox olmamalıdır. Bununla birlikdə küləyin maksimal sürəti daha yüksək ola bilər. Amerikalı mühəndislər

karusel kimi fırlanan şaquli rotorlar olan generator hazırlanmışdır. Səmərəliliyi baxımından pərli generatorlarından təxminən üç dəfə üstündür və hətta qasırğa küləklərinə də dözə bilir [92-97]. Göründüyü kimi, texnologiyanın inkişafı ilə daha qabaqcıl layihələr ortaya çıxacaq. Çox güman ki, texnologiya külək turbinlərinin vahidinin qoyuluş gücünün artırılması istiqamətində inkişaf etdirilməyəcək. Gələcək kənd təsərrüfatı və kiçik yaşayış məntəqələrinin ehtiyaclarını qarşılayacaq gücü *5* ilə *100* kilovatt gücündə olan külək generatorlarına məxsusdur. Bununla yanaşı, mövcud enerji sistemlərinin bir hissəsi olaraq elektrik enerjisi istehsal edəcək daha güclü (15 meqavata qədər) stansiyalardan istifadə etmək imkanı mövcuddur. Bundan əlavə, külək enerjisi kübrə istehsalında, havalandırma üçün su anbarlarına göndəriləcək sıxılmış havanın istehsalında istifadə edilə bilər - sakinlər üçün lazım olan oksigen miqdarını artırmaq üçün.

5.5. GEOTERMAL ES

Bərpaolunan enerji mənbələri arasında onun istehsalı üçün olduqca spesifik və ekzotik üsullar mövcuddur. Hazırda daha çox tətbiq olunmuş günəş və küləkdən əlavə müəyyən şərtlərdə planetin daxili istilik ehtiyatları istifadə məqsədilə, geotermal elektrik stansiyaları (GeoES və ya GeoİES) yaradılır. Onların işi təbii isti su ehtiva edən yeraltı hövzələrdən gələn buxar enerjisinə əsaslanır. Başqa sözlə, bu tip elektrik stansiyalarında adi yanacaqla işləyən İES-dən fərqli olaraq, buxar generatorunun rolunu buxarlandırıcı-separator tipli istilik-güc aparatı yerinə yetirir. Bu aparatda temperaturu 80-100 ^{0}C-dən 160-200 ^{0}C-dək olan nəm buxar alınır. Bu buxarın axını turboaqreqatın pillələrindən keçərək kondensatora daxil olur. Daha sonra buxar kondensatı təsərrüfat ehtiyacları üçün istifadə olunur və ya su hövzələrinə atılır.

Yerin dərinliklərində suda toplanmış istilik enerjisi mürəkkəb mənşəyə malik olur və geoloji quruluşdan, eləcə də süxurların tərkibindən və maqmatik proseslərdən və s. asılı olur. Geotermal energetika üzrə məşhur mütəxəssis olan İ. M. Dvorovun nəzəriyyəsinə əsasən dərinlikdəki süxurların temperaturu təqribi olaraq aşağıdakı formula ilə hesablana bilər [98]:

$$t = \frac{t_h + (H + h)}{\sigma}, \text{°C} \qquad (5.1)$$

Burada t_h - hər hansı bir bölgədəki hava temperaturu, °C;

H – temperaturun müəyyənləşdirilməsi üçün dərinlik, m;

h – sabit temperatur təbəqəsinin dərinliyi, m;

σ - həndəsi pillə, yəni metr ölçü vahidinə əsasən dərinləşməyə müvafiq olan həcm. Dərinləşən hər bir metrdə temperatur 1°C artır; dərinlik orta hesabla 33 metrə bərabər olur.

Planetimizin istənilən yerində müəyyən dərinliklərdə müxtəlif geoloji və iqlim xüsusiyyətlərindən asılı olaraq termal sularla zəngin olan dağ süxur təbəqələri yerləşir. Onların temperaturu və mineral tərkibi geniş diapazonda dəyişir. *Cədvəl 5.1*-də temperaturundan asılı olaraq bu suların xarakteristikası verilmişdir.

Bəzi yerlərdə yerin altından quyu boruları vasitəsilə 200 ^{0}C və daha artıq temperaturda qızışmış buxar çıxır. Lakin belə yerlər o qədər də çox deyil. Məsələn, Rusiya ərazisindəki Kamçatka və ya Kuril adalarını misal göstərmək olar.

Azərbaycan Respublikasında əksər termal suların temperaturu çox yüksək olmasa da onlardan istifadə perspektivli hesab olunur. Müxtəlif ərazilər üzrə termal suların temperaturu 30-110 °C arasında dəyişir. Ölkə üzrə ən perspektivli ərazilər Kür çökəkliyi, Qusar dağətəyi zonası və Abşeron yarımadası hesab edilir. Ümumilikdə ölkə üzrə termal suların potensialı 245.6 min m^3/gün həcmində qiymətləndirilir.

Azərbaycan ərazisində 11 geotermik zona mövcuddur. İlkin araşdırmalar bu zonalar üzrə termal sulardan istifadənin iqtisadi cəhətdən səmərəli olduğunu və ekoloji tarazlığın bərpa olunmasına mühüm rol oynaya biləcəyini göstərmişdir. Azərbaycan üzrə geotermal potensialın daha yüksək olduğu bir

Cədvəl 5.1

Termal suların xarakteristikası

Suların xarakteristikası	Temperaturu, °C	Suların xarakteristikası	Temperatur, °C
1. Soyuq:		**2.2.Potensiallı**	50 - 75
1.1.Həddən artıq soyuq	< 0	**2.3.Yüksək potensiallı**	75 - 100
1.2.Çox soyuq	0 - 4	**3. Yüksək termal:**	
1.3.Soyuq	4 - 20	**3.1.Zəif qızmış**	100 - 150
2. Termal:		**3.2.Çox qızmış**	150 - 250
2.1.Aşağı potensiallı	20 - 50	**3.3.Həddən artıq qızmış**	250 >

sıra ərazilər müəyyənləşdirilmiş və geotermal energetika sahəsində işlərin aparılmasının məhz bu ərazilərdən başlanması məqsəduyğun sayılır. Belə ki, Kürdəmir rayonu Carlı ərazisində və Xəzəryanı-Quba ərazilərində geotermal enerji yataqlarının enerji məqsədləri üçün uyğun olması barədə ilkin əsaslandırmalar mövcuddur. Ötən əsrin ikinci yarıısnda bu ərazilərdə qazılmış quyulardan çıxan suyun yer səthində temperaturu 80-85 °C olmuş lakin sonrakı dövrlərdə həmin quyular müxtəlif səbəblərdən istismardan çıxarılmışdır.

Ölkəmizdə geotermal enerjidən sənaye, kənd təsərrüfatı, məişət, kommunal sahələrdə və təbabətdə geniş istifadə olunma perspektivləri mövcuddur.

Termal sulara malik olan bir çox dünya ölkələrində bu enerji mənbəyindən kifayət qədər geniş istifadə olunur.

GeoİES-in texnoloji sxemi bir çox faktorlardan asılıdır: istilikdaşıyıcısının temperaturundan, onun minerallaşma və digər qatqılarla çirklənməsi səviyyəsindən, quyudan elektrik stansiyasınadək olan məsafədən, işlənmiş su tullantılarından istifadə olunmasından, istilik istehlakçılarının tələbatından və s. Bir çox ölkələrin (İtaliya, İslandiya, ABŞ) təcrübəsində üç növ istilik sxemindən istifadə olunur:

1. Bilavasitə təbii buxardan istifadə olunmaqla fəaliyyət göstərən GeoİES;
2. Buxaryaradıcı qurğulu GeoİES;
3. Ayrılmış buxarla işləyən GeoİES.

Bu sxemləri nəzərdən keçirmədən öncə qeyd etmək lazımdır ki, geotermal sular duzlarla və qazlarla zəngin olur. Buna görə də termal mənbələrin işlənməsində bu maddələrə qarşı dayanıqlı olan xüsusi metallardan və örtüklərdən istifadə olunması zərurətini yaradır.

GeoİES-in sxeminin birinci variantından quyudan (su-buxar qarışığı deyil) quru buxar çıxdığı zaman istifadə olunur. Lakin belə hallara (ən azı 1000 metrədək olan dərinliklərdə) çox az rast gəlinir. Belə sxem olduqca sadədir: müvafiq parametrlərə malik olan buxar (5-20 atm və 200-250 ^{0}C) bilavasitə turbinin axın hissəsinə daxil olur. İşlənmiş buxar qarışıq tipli kondensatora atılır, su-kondensat qarışığı isə yaxınlıqdakı su hövzəsinə və ya istifadə edilmiş quyulara axıdılır. Tərkibi minerallarla zəngin olan istilik daşıyıcısı turbinin detalları ilə (pərləri, diafraqmaları, labirint kipləşdiriciləri, qoruyucu və bağlayıcı klapanlarla, val və s. ilə) bilavasitə təmas etdiyi üçün onlar karroziya və erroziyaya məruz qalırlar. Sadə İES-lərdən fərqli olaraq bu stansiyaların turbinləri daha tez-tez təmizlik, profilaktika və təmir üçün dayandırılır. Bu işlər isə müəyyən xərclər və itkilər ilə əlaqədar olur. Lakin buna baxmayaraq belə

sxem elementar olaraq sadə və maliyyə tutumu cəhətdən az xərc tələb edən sistemdir.

GeoİES-in digər tipinin fərqləndirici xüsusiyyəti onun buxar alınma sxeminə malik olmasıdır. Burada buxar və su-buxar qarışığı bilavasitə quyunun yanında səthli istilik mübadiləsi qurğusunun borulararası hissəsinə daxil olur və buraya daxil olan qidalandırıcı suyu (müvafiq emaldan keçdikdən sonra) buxarlandırır. Alınan buxar turbinə, sonra isə eyni ilə qarışıq tipli kondensatora verilir. Kondensatın geriyə dövriyədə istifadə olunması üçün saxlanılması zərurəti yarandıqda tsikldə borulu kondensator tətbiq edilir ki, bu da soyuducu su ilə bağlı olan xərcləri əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Nəhayət, üçüncü tip GeoİES-lər digər iki stansiyadan onunla fərqlənir ki, burada geotermal suyun (flyuidin) çıxışında xüsusi nəmayırıcı qurğu quraşdırlır. Bu qurğunun vəzifəsi onun adında göründüyü kimi buxarı sudan ayırmaqdır. Daha sonra su (əgər digər məqsədlər üçün, məsələn, isitmə və ya texnoloji ehtiyaclar üçün istifadə olunmursa) su hövzəsinə və quyuya axıdılır. Aşağı parametrli (2-5 at və 100-120 ^{0}C) quru buxar isə turbinə yönəldilir. Bu buxarın kifayət qədər təmiz olmasını nəzərə alaraq ona xüsusi profilaktik tədbirlərin görülməsi tələb olunmur. Bu sxemlə XX əsrin 60-cı illərində inşa olunmuş Rusiyanın Kamçatka vilayətindəki Paujet GeoİES-i fəaliyyət göstərir. Bu bölgədə ümumi olaraq dərinliyi 220 metrdən 480 metrədək olan 21 quyu qazılmışdır. Bu quyuların hər birinin debiti saniyədə 10 kq flyuid, istilik tutumu 170 kkal/kq, temperaturu isə 150-dən 200 ^{0}C-dək təşkil edir.

FƏSİL VI

SABAHIN ENERGETİK İMPERATİVLƏRİ

GİRİŞ

Bu günə qədər dünya iqtisadiyyatının və energetika sektorunun gələcək inkişafının ehtimal olunan istiqamətlərinin qiymətləndirilməsinə həsr olunmuş çox sayda təhlillər mövcuddur.

Daha balanslaşdırılmış hədəf proqnozları, Birləşmiş Ştatların Prezident Administrasiyasının Enerji Məlumat Xidməti, beynəlxalq analitik mərkəzlər - Beynəlxalq Enerji Agentliyi – İqtisadi Əməkdaşlıq və İnkişaf Təşkilatı (OECD) Məsləhət və Analitik Mərkəzi, Neft İxrac Edən Ölkələr Birliyi (OPEK) Katibliyi, böyük beynəlxalq maliyyə təşkilatlarının analitik xidmətləri – Beynəlxalq Valyuta Fondu (İVF), Dünya Bankı, Avropa yenidənqurma və inkişaf Bankı tərəfindən hazırlanmış ixtisaslaşdırılmış məsləhət və təhlillər hökumət təşkilatları tərəfindən davamlı olaraq hazırlanır.

Yaxın gələcəkdə əlçatan, etibarlı və təmiz enerji mənbələrinə qlobal tələbatın artmağa davam etməsi, dünyada bir sıra ölkələrin aşağı karbonlu enerji sistemlərinə keçməsi tendensiyasını şərtləndirmişdi. Ehtimal olunur ki, hələ də neftə və təbii qaza olan tələbatın ən yüksək həddinə şahid olmamışıq. Eyni zamanda, son on ildə enerji bazarının dinamikası ciddi dəyişməyə məruz qamışdı. OPEC, bazar payını qorumağa diqqət etsə də ABŞ-da şist nefti yeni və çevik tədarük mənbəyini çevrilmişdi. Sürətli sənaye dinamikasını nəzərə alaraq, qısamüddətli perspektivdən kənarda proqnoz vermək getdikcə çətinləşsə də, bu məsələ həmişəkindən daha vacibdir.

Mühəndislər ixtiraçılıqda, şirkətlər bazarda rəqabət aparır və nəticədə sənaye daim elektrik yeniliklərini təklif edir. Yeni bir maşının ortaya çıxması sürətli bir proses deyil, düşünmək, layihələndirmək, prototiplər hazırlamaq və çox saylı nəzarət strukturları tərəfindən təsdiqlənməlidir. Bəzi gələcək yeniliklər hələ də elmi axtarış və tədqiqat mərhələsindədir, çox güman ki, tezliklə həyata keçməyəcəkdir. Lakin, bununla yanaşı, mümkündür ki, yaxın onilliklərdə energetika və elektrotexnika sahəsində bəşəriyyət tərəfindən həll olunmalı olan həyati vəzifələrin həyata keçirilməsi üçün əsaslı, yeni yanaşmalar tətbiq olunacaqdır.

Hər kəs bilir ki, həyatda fərqli yaşamaq olar. Vaxtımızı əyləncə və sabah haqqında düşünmədən keçirə bilərik. Belə həyat strategiyası dəfələrlə bədii ədəbiyyatlarda da təqdim olunub. Fərqli yaşaya bilərik, bu günü tamamilə qurban verib bütün düşüncələrimizi, bütün gücümüzü qeyri – müəyyən gələcəyiniz üçün səfərbəy edə bilərik. Lakin, bütövlükdə bəşəriyyət bütövlükdə cari işlərin təlaşına qapılaraq, çox vaxt gələcək barədə düşünməməyə çalışır. Kömür, neft və təbii qazı necə asanlıqla xərclədiyimizə baxın, özümüzü nikbinlik hissləri ilə ruhlandırırıq: "Elm adamları əmindirlər ki, yerin təkində hələ çox neft var, 30, 40 bəlkə də 50 ilə kifayyətdir”

Bu, heç də enerji təminatı baxımından bəşəriyyətin çox diqqətsiz davrandığını söyləmək deyil. Hər hansı işlər görülür, bir çox mütəxəssislər bunun kifayət olmadığını, dünya sivilizasiyasının “avtomobili” növbəti yanacaq doldurma məntəqəsinə çatmadan dayana biləcəyinə inanır. Bir çox peşəkarlar tərəfindən yeni genişmiqyaslı enerji mənbələrinin perspektivli sahələrində işlər aparılır və bəzi istiqamətlərdə praktiki nailiyyətlər əldə edilir.

Adi enerji istehlakçısı, ehtimal ki, nikbin olmaq istəyir və buna görə də bu yeni perspektivli sahələrin nə qədər inkişaf etməsi ilə ən azı maraqlanır.

Məsrəfsiz işıqdan məsrəfsiz elektrikin alınması energetikanın gələcək istiqmətlərindən biridir. Günəş enerjisinin imkanları bir rəqəmlə müəyyən edilir, təxminən 1,3 kVt / m^2 bərabər olan günəş sabiti ilə. Bu o deməkdir ki, Yerə yaxın bir kvadrat metrə, məsələn, bir kosmik gəmidə günəş batareyasının hər kvadrat metri üçün 1,3 kilovat günəş istilik enerjsii daxil olur. Yəni, nisbətən kiçik bir sahədən, bir kvadrat kilometr sahədən kifayyət qədər enerji əldə oluna bilər.

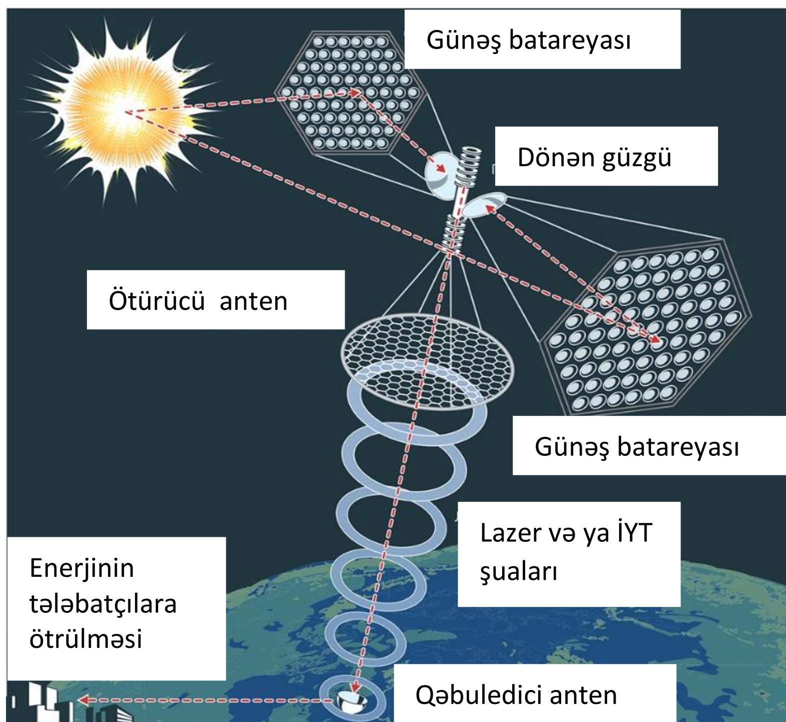
Yaponiya, Çin və Amerikanın bir neçə şirkətləri orbital günəş elektrik stansiyalarının yaradılmasına başladıqlarını elan ediblər.

Xüsusi çeviricilərlə hər bir stansiyanın nəhəng günəş panelləri (elan edilmiş ərazisi bir neçə kvadrat kilometrdir), günəş radiasiyasını santimetrlik radio dalğalarına çevirəcəkdir, bu da ifrat yüksək tezliki (İYT) və ya lazer şüları ilə Yerdə yerləşdirilən elektrik enerjisinin qəbuledici mərkəzi antenasına daxil olacaq və nəticədə standart dəyişən cərəyan istehsal edəcəkdir (*şəkil 6.1*). Bu cür təkliflər hələ ötən əsrin 70-ci illərində mövcud olmuşdur. Lakin, bunların heç biri iqtisadi cəhətdən səmərəli hesab olunmadığına görə tətbiq edilməmişdir.

Eyni zamanda, hesab etmək olar ki, bu gün kosmik günəş elektrik stansiyası ilə bağlı vəziyyət müsbət istiqamətdə dəyişmişdir. Çin hököməti artıq, kosmik elektrik enerjisinin alınması ilə bağlı müqavilə imzalamışdır.

Kosmik GES ilə maraqlı təkliflərdən biri ABŞ-nin Kosmik Sistemlər institutunun professoru Devid Krisvell tərəfindən təklif olunmuşdur. Onun təklifinə görə günəş stansiyasını açıq fəzada deyil Ayın səthində quraşdırmaq daha real hesab olunur. Belə ki, Ay kifayyət qədər günəş panellərinin istehsalı üçün zəruri olan xammal ilə zəngindir və yerində istehsala imkan verir. Bu layihənin dəyəri orta hesabla 60 milyard ABŞ dolları səviyyəsində qiymətləndirlir.

XXI əsrin enenrji istehsalı sahəsində bəzi perspektivli texnologiyalar haqqında məlumatlar növbəti paraqraflarda təqdim olunur.



Şək. 6.1. Kosmik günəş elektrik stansiyası (mənbə: ecotechnica.com.ua)

6.1. GÜNƏŞ ENERJİSİNDƏN ƏNƏNƏVİ ŞƏKİLDƏ İSTİFADƏ

Bitkilər günəş enerjisi stansiyalarının mükəmməl nümunələridir. Onun köməyi ilə fotosintez prosesində bir çox müxtəlif mürəkkəb üzvi birləşmələr qurur və bəzilərindən yanacaq kimi insan minlərdir ki, birləşmələrdə saxlanan günəş

enerjisini çıxarır və istifadə edir. Danışıq dilində bu, əlbəttə ki, daha sadə səslənir: vaxtilə enerji istehsal edən əsas texnologiya olan odun yandıraraq istilik əldə olunurdu. Bu gün yalnız kənd əhalisi və təbiətin qoynunda kabab sevənlər tərəfindən istifadə olunur, lakin qəribə də olsa, nüvə reaktorları və kosmik layihələr dövründə bu köhnə metod böyük enerji sənayesinin perspektivləri haqqında düşünən ciddi mütəxəssislərin diqqətini çəkmişdi. Yalnız bunlar odun yanmasının adi bir şəkildə yandırılmasını deyil, yanacaq yağı və ya yanan qazın, yanan odun əldə edilməsinin məlum prosesini nəzərdə tutmuşlar. Bu genişmiqyaslı istehsal, böyük boru kəməri massivlərində yerləşdirilə bilər, buradan qaz boru kəmərləri ilə və ya silindrlərdəki mayeləşdirilmiş formada yüksək enerji istehlakı olan ərazilərə gödərilə bilər. Fotosintez yolu ilə bitkilərin istehsal etdiyi enerjidən istifadə üçün başqa variantlar mövcuddur, məsələn, soyadan spirt istehsalı.

Yeni bitki enerjisi layihələrini həvəslə dəstəkləyə bilərsiniz, onları sərt şəkildə tənqid edə və hətta güldürə bilərsiniz, ancaq biologiya dərsliklərindən alınan məlumatlara laqeyd ola bilməzsiniz. Planetin bitki aləmi günəş enerjisindən istifadə edərək hər il 100 milyard ton üzvi maddə yaradır, onların tərkibində 5 trilyon ton neft ekvivalenti olan enerji mövcuddur ki, bu da Yer kürəsində istehsal olunan bir illik enerjinin miqdarından orta hesabla 200 dəfə çoxdur.

Bu həcmin yalnız 0,1 % -i dünyadakı bütün elektrik stansiyalarını yanacaqla təmin etmək üçün kifayətdir.

6.2. NÜVƏ ENERJİSİ

Hər hansı bir enerji mənbəyinə, baxsanız, görərsiniz ki, bizim üçün eyni hissəciklər fəaliyyət göstərir - atomlar və molekullar. Onların bir çoxu enerji ehtiyatlarını çox əvvəl əldə etmişdilər və indi fərqli fiziki proseslərdə onları bir-birlərinə ötürür və bizə verirlər. Eyni zamanda, atomlar və molekullar iki

fərqli rejimdə fəaliyyət göstərirlər – ya elektron örtüyündə, ya da atom nüvələrində saxlanılan enerjini verirlər. Birinci halda, bu kimyəvi xarakter daşıyır, xüsusən də bu gün əsasən energetikanın əsasını təşkil edən oksidləşmə reaksiyası, yəni yanma prosesidir. Atom nüvəsi elektron örtüyündən daha güclü bir qaynaqdır - nüvə reaksiyaları, ənənəvi yanma ilə müqayisədə bir atomdan min dəfələrlə çox enerji əldə etməyə imkan verir.

Enerji ayrılması ilə müşayiət olunan iki növ nüvə prosesi mövcuddur. Birincisi, böyük bir nüvənin daha kiçik olanlara ayrıldığı zaman parçalanma reaksiyası. Enerji yaradan reaksiyanın ikinci növü iki nüvənin daha böyük bir nüvəyə birləşməsi zamanı sintezdir. Uzun illərdir uran və ya plutonium nüvələrinin parçalanma zəncirvari reaksiyası enerji sektorunda işləyir, atom reaktorlarında parçalanaraq istilik yaradır və sonra hər şey istilik elektrik stansiyalarında olduğu kimi davam edir: buxar, buxar turbini, elektrik generatoru. Uran nüvəsinin parçalanması zamanı ondan neytronlar ayrılır, bəziləri digər nüvələrə daxil olur, onları parçalayır, neytronlar yenidən bunlardan ayrılır və proses özünü dəstəkləyir - zəncirvari reaksiya davam edir. Enerji reaktorunda neytronların davranışına (məsələn, qrafit çubuq sakitləşdiriciləri hərəkət etdirərək) təsir edən çoxsaylı qoruyucu sistemlərlə təmin olunmuş avtomatika zəncirvari reaksiyanın gedişatını idarə edir və uranın yavaş, sakit bir "yanmasını" təmin edir.

Hələ 70-80 il əvvəl, prinsipcə, atom nüvəsindən enerji əldə olunmasının mümkün olduğu aydın olsa da, aparıcı mütəxəssislərə belə təcrübə etmək ümidsiz görünürdü. Bununla yanaşı, iki-üç onillikdə ilk nüvə elektrik stansiyaları meydana gəldi və bu gün dünyada onların sayı 100-dən çoxdur - nüvə enerjisi işçi bir reallığa çevrildi. Lakin məlum oldu ki, elektrik stansiyalarında nüvə reaktorları üçün lazım olan uranın yer kürəsində o qədər də çox olmadığını, kimsə neft kimi 30, maksimum 50 il davam edəcəyini hesablamışdı.

Belə ki, parçalanma reaksiyalarına əsaslanan nüvə enerjisi artıq yanacağının məhdud ehtiyatları barədə düşünməlidir. Enerji sektoru tanınmış nüvə birləşmə reaksiyasını - hidrogen nüvələrini bir helium nüvəsinə birləşdirməyi (nüvənin sintez reaksiyası) bacararsa, bu problem demək olar ki, həll olunacaqdır. Hidrogen sudan götürülə bilər (okean sularında kifayət qədərdir). Hidrogen sintezi üçün adi hidrogen deyil, həm də ağır hidrogen deyteriy (nüvədə protondan əlavə bir neytrona sahib olan izotop) tələb edir (Dünya okeanında kifayət qədər mövcuddur).

Beynəlxalq Energetika Agentliyinin məlumatına görə, IV nəsil reaktorlarının 2030-cu ildən əvvəl hazır olması gözlənilir və "TECH Plus" ssenarisinə görə, 2050-ci ilə qədər CO2 tullantılarının 1,9 milyard ton azalmasını təmin edə bilər. Bu tip reaktorların hazırlanması üçün tələb olunan xərclər dəqiqliklə məlum olasa da, IV nəsil reaktorların tətbiqi qiymət və təhlükəsizlik baxımından rəqabət qabiliyyətli elektrik enerjisi istehsal edəcyi aydındır.

Qeyd edək ki, IV nəsil reaktorları digər nüvə texnologiyaları, yəni xərclər, təhlükəsizlik, nüvə tullantılarının atılması və nüvə silahlarının yayılması ilə eyni maneələrlə üzləşirlər. Bu, IV Nəsil Beynəlxalq Reaktorlar Forumu və onun 11 iştirakçısı (Argentina, Braziliya, Kanada, Avropa Atom Enerjisi Birliyi, Fransa, Yaponiya, Koreya, Cənubi Afrika, İsveçrə, Böyük Britaniya və ABŞ) tərəfindən qəbul edilmiş və bu ölkələr məsələlərin hamısını həll etmək niyyətində olduqlarını bəyan etmişdilər.

Nüvə texnologiyasının inkişafı 2030-cu ildən sonrakı dövrdə zərərli tullantıların azalmasında mühüm rol oynayacağı proqnozlaşdırılır.

6.3. TERMONÜVƏ SİNTEZİ

Hidrogen nüvələrinin birləşməsi (əslində hidrogen və deyteriy) bir uran atomunun parçalnmasından dəfələrlə çox enerji istehsalına imkan versə də, bunun istifadəsi o qədər də sadə deyil. Elektrikin özü, hidrogen sintezi reaksiyalarından elektrik enerjisi istehsalında əsas maneədir. Hidrogenin nüvəsi bir protondur, müsbət elektrik yükü olan bir hissəcikdir. İki proton nüvəsini birləşdirmək üçün bir araya gətirilməlidir və bu iki "müsbət" bir araya gəldikdə, təbii olaraq biri-birlərini dəf edirlər. Hər hansı bir anda, nüvə qüvvələri elektrik qüvvələrini dəf edəcək, iki protonu bir helium nüvəsinə birləşdirəcək.

Nüvə *sintezi*, yəni yüngül nüvələrin birləşərək vahid nüvəyə çevrilməsi (qovuşması), ağır nüvələrin bölünməsində olduğu kimi, böyük miqdarda enerjinin ayrılması ilə müşaiyət olunur. Məsələn, deyterium və tritiumun. sintezi zamanı helium nüvəsi və neytron yaranır, 17,6 MeV. enerji çıxır. Çox yüksək temperaturda yüngül nüvələrin sintezi ilə gedən reaksiya *termonüvə reaksiyası* adlanır.

Hidrogen sintezi, ulduzların təkində böyük təzyiq olduğuna görə protonların birləşdiyi Günəş də daxil olmaqla ulduzlar üçün enerji mənbəyidir. Hidrogen bombasında bu super sıxılma prosesi uran partlayıcısı tərəfindən yaradılır. Yerüstü termonüvə reaktoru yaratsaq, sakit işləyən kiçik bir ulduz yaratmaq üçün hidrogen qazı bir neçə on milyonlarla dərəcəyə qədər qızdırıla bilər. Bu temperaturda qaz bir plazmaya çevriləcək, elektronlar tərəfindən tərk edilmiş hidrogen nüvələri (protonları) çox böyük sürətlə hərəkət edəcək, çox elektrik enerjisi qazanacaq və bu da elektrik əks qüvvəsini dəf edəcəkdir. Beləliklə, hidrogen sintezi reaksiyalarından enerji əldə etməyin açarı ifratyüksək temperaturdur.

Tez-tez rast gəlinən "hidrogen enerjisi" ifadəsi termonüvə sintezi ilə əlaqəli deyil, hidrogen bir növ vasitəçi, böyük enerji ehtiyatlarının qoruyucusu kimi - neft kimi bir şey deməkdir. Hidrogen, neft və neft məhsulları kimi, oksigenlə birləşir, yəni yanır, istilik yaradır. Lakin, yalnız bir ton hidrogen

bir ton neftdən 5 qat daha çox istilik enerjisi istehsal edir. Bundan əlavə, neftdən fərqli olaraq, hidrogen, prinsipcə, nisbətən ucuz, məsələn, günəş enerjisindən istifadə edən orbital kimyəvi zavodlarda istehsal edilə bilər.

Enerji maşınlarında hidrogenin uğurla istifadəsinə dair çox sayda nümunələr mövcuddur. Məsələn, Aya uçan Apollo Amerika kosmik gəmisi, hidrogenin yavaş oksidləşməsi ilə ilkin enerji təmin olunduğu yanacaq elementlərindən enerji əldə etmişdi. Böyük təyyarə istehsal edən şirkətlər hidrogen mühərrikləri olan böyük bir sərnişin təyyarəsi üçün layihə təqdim etmişlər, uzun bir uçuş üçün belə bir maşın 20-30 ton şərti yanacağı əvəzinə cəmi 5-6 ton hidrogen alacaq.

Qeyd etməliyik ki, hydrogen təhlükəli enerji mənbəyi hesab olunur - hydrogen hava qarışığı təsadüfi bir qığılcımdan həddən artıq dağıdıcı qüvvə ilə partlayan partlayıcı qaz əmələ gətirir. Geniş miqyaslı hidrogen enerjisi daim cəlbedici istiqamət olaraq çox perspektivli hesab olunur.

6.4. HİDROGEN ENERGETİKASI

"Hidrogen enerjisi" (HE) termini son on ildə elm, iqtisadiyyat və siyasət dünyasında bərpa olunmayan enerji mənbələrinin - karbohidrogenlərin tükənməsi problemi ilə əlaqədar geniş populyarlıq qazanmışdı. Bərpa olunan enerjinin gələcək inkişafına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərə biləcək bəzi texnoloji nailiyyətlər, həmçinin dünyanın aparıcı ölkələrinin və böyük şirkətləri tərəfindən hidrogen texnologiyalarının inkişafı proqramları nəzərdən keçirilir.

Bəzən populyar ədəbiyyatda bərpa olunan enerji "karbohidrogen" enerjisi ilə ziddiyyət təşkil edir. Dərhal qeyd etmək lazımdır ki, hidrogen enerjisi sahəsi "aşağı axın" ("downstream"), yəni enerjinin daşınması, emalı və istifadəsidir, lakin "yuxarı axın" ("upstream") - ilkin enerji istehsalı deyil. lakin HE-nin özü yeni bir enerji mənbəyi deyil, o bərpaolunan,

nüvə və ya neft enerjisini tamalayır. Başqa sözlə, HE, mövcud enerji mənbələrindən ən səmərəli istifadə etmək, onlardan istifadənin səmərəliliyini artırmaq və ya digər üstünlüklər əldə etmək yoludur.

Sərbəst formada yer üzündə hidrogen praktiki olaraq mövcud deyil, buna görə də istehsal edilməlidir. Enerjinin qorunması qanununa görə “hydrogen istehsalı - hidrogen istifadəsi” tsiklində itki qaçılmazdır. Buna görə, hidrogen istehsalında məqsədlərdən biri bu itkilərin harada yolverilən səviyyədə olmasını əsaslandırımaqdan ibarətdir. Hidrogen texnologiyalarının ən perspektivli və geniş miqyaslı tətbiqləri üzərində dayanaq. Çox hallarda "hidrogen iqtisadiyyatı" adlandırılan təmiz hidrogen enerjisi anlayışına aşağıdakılar daxildir:

- bərpa olunmayan enerji mənbələrindən (karbohidrogenlər, nüvə enerjisi, termonüvə enerjisi) istifadə edərək sudan hidrogen istehsalı;
- BEM-dən (günəş, külək, gelgit enerjisi, biokütlə) ishtifadə edərək hidrogen istehsalı;
- hidrogenin etibarlı daşınması və saxlanması;
- hidrogenin sənayedə, nəqliyyatda (quruda, hava, su və sualtı), gündəlik həyatda geniş yayılması;
- materialların etibarlılığını və hidrogen enerji sistemlərinin təhlükəsizliyini təmin edilməsi.

Enerji və təbii qaz qiymətlərinin davamlı artması müasir avtomobilin ən çox yayılmış enerji blokunu - daxili yanma mühərrikini (DYM) bir qaz çəni ilə əvəz etmək üçün ən fantastik imkanları cəlbedici edmişdi. XXI əsrdə ötən əsrin texnologiyalarının, səyahət edən, uçan və üzən, daxili yanma mühərrikləri və s-nin istifadə dövrünün bitdiyini proqnozlaşdırırlar. Bəs əvəzində nə dayanırr? Mövcud nümunələr kitabın II hissəsində nəzərdən keçirilmişdi. Ynacaq çənləri müxtəlif növ tez doldudrulan akumlyasiya sistemləri və istilik elementləri ilə əvəz olunmaqdadır.

Elektrikli avtomobillərinə kütləvi bir şəkildə keçmək üçün elektrik doldurma stansiyaları şəbəkəsi tələb olunduğu kimi, hidrogen mühərriklərinə və ya istilik elementlərinə keçid, hidrogen və ya başqa bir enerji daşıyıcısını tələbatçılara çatdırmaq üçün hidrogen qaz stansiyaları, boru kəmərləri və ya yük nəqliyyat vasitələri şəbəkəsini tələb edəcəkdir - bu yanacaqdoldurma məntəqələrini və kifayət qədər miqdarda hidrogen istehsal edən zavodun istehsalçısı, emalı zavodunu əvəz etməlidir.

Nəqliyyatda karbohidrogenlərin 70% -i istehlak olunur. Benzin mühərriklərinin səmərəliliyi 15-17%, dizel 25% təşkil edir. Aşağı temperaturlu hidrogen elementlərinin səmərəliliyi 40-50% -dən çox deyil və çıxış qazında işləyən turbinlər ilə birlikdə yüksək temperaturlu oksid hidrogen elementləri faydalı iş əmsalını 90% -ə qədər yükəldə bilər. Lakin, trilyonlarla dollar sərmayə qoymadan əvvəl "bir hidrogen maşınının" nə olduğunu və uduşun müəyyən olunması vacibdir. Bunun üçün enerji mənbəyi və hidrogen istehsalından tutmuş son istehlakçıya qədər bütün istehsal prosesini nəzərə almaq lazımdır.

Hidrogen istehsalı. Hidrogen Enerji mənbəyi deyil, digər enerji mənbələrini saxlanılan təmiz hidrogen şəklində kimyəvi enerjiyə çevirmək üçün bir vasitədir və bundan sonra onu istifadə olunması üçün oksidləşdiriliməsi tələb olunur. Əslində, bir su anbarı və ya digər hidrogen saxlama cihazı texniki olaraq bir batareya və ya qaz anbarına bənzəyir və buna görə də yalnız səmərəliliyi deyil, digər parametrləri də müqayisə etmək lazımdır. Hidrogeni istehsal etmək lazımdır və bundan son enerji əldə etmək üçün çevrilməlidir və hər iki proses enerji tələb edir.

Mədən yanacaqlarından, əsasən də neftdən, hazırda dünyada son enerjinin 96% -i alınır və karbon hələ də CO2-yə çevrilir, buna görə də bu tullantılar problemini həll etmir.

ABŞ-da təmiz hidrogenin 90% -i təbii qazdan, 72% səmərəliliyi ilə əldə edilir. Bu o deməkdir ki, təbii qazın tərkibində olan enerjinin - metanın 28% -i hidrogen istehsal edən

zavoda təbii qazın çıxarılmasına və daşınmasına sərf olunan enerjini nəzərə almasaq, itirilir. Sudan elektroliz vasitəsilə yalnız 4% hidrogen əldə edilir. Sudan hidrogen istehsalının dəyəri (müxtəlif növ elektrolizlər) təbii qazdan hidrogen istehsalından 3-6 dəfə çoxdur. Bu üsul yalnız xüsusi təmiz hidrogen alınması lazım olduqda istifadə olunur.

Elektroliz üçün elektrik enerjisinin çox hissəsi 30 % səmərəli və elektroliz səmərəliliyi 70 % olan mədən yanacağından istifadə edildiyi üçün bu, bir vahid hidrogen istehsalı üçün dörd vahid enerji sərf etməsi deməkdir. Nəticədə hidrogen enerjisinin enerji səmərəliliyinin təxminən 20% olduğunu əldə edirik. Göründüyü kimi, hidrogen texnologiyalarının istifadəsindən əlavə bir effekt əldə etmək məqsədi bərpaolunan enerjidən istifadə etmək və onun köməyi ilə sudan elektroliz yolu ilə hidrogen əldə etmək olmalıdır.

Külək turbininin səmərəliliyi 30-40% təşkil edir və hidrogen istehsalının tam tsiklinin istehsal səmərəliliyi 25% olcaqdır. Başqa sözlə, 1 vahid hidrogen enerjisi əldə etmək üçün 3 ədəd külək enerjisini sərf etməlisiniz. Ən yaxşı sənaye günəş panellərinin səmərəliliyi 22% -dir və ya 1 ədəd hidrogen enerjisi əldə etmək üçün 5 ədəd günəş enerjisi sərf etməlisiniz.. Hidrogeni istehsalı məqsədilə, dəniz yosunundan istifadə etsəniz, səmərəlilik təxminən 1% ttəşkil edəcəkdir. Beləliklə, sudan hidrogen istehsalı xalis enerji itkisidir.

Hidrogen biokütlə əldə edilə bilər, ancaq onda aşağıdakı problemlər yaranır:

1) mövsümilik;

2) biokütlə çox miqdarda su ehtiva edir və hidrogen əldə edilənə qədər onun saxlanması və quruması üçün enerji istehlakı tələb olunur;

3) biokütlə təchizatı məhduddur və geniş miqyaslı hidrogen istehsalı üçün kifayət deyil;

4) çox miqdarda torpaq tələb olunur, çünki hətta yaxşı şəraitdə böyüdülmüş biokütlə aşağı gücə malikdir - 10-a qədər

hektara t;

5) eroziya və torpağın bio-məhsuldarlığının itirilməsi nəticəsində torpağın deqradasiyası;

6) gübrələr və pestisidlər şəklində enerji itkisi, məhsul yığımı üçün enerji;

7) nəqliyyat xərcləri.

Nəticədə belə nəticəyə gələ bilərik ki, bu hidrogen.istehsalı üçün yaxşı yol deyil.

Hidrogenə keçidin əsas səbəblərindən biri mədən yanacaqların istifadəsi nəticəsində yaranan qlobal istiləşmənin qarşısının alınmasıdır. Hidrogen istehsal etmək üçün istifadə olunan enerji təbii qazdan alındıqda, azot oksidləri istehsal olunur, atmosferə buraxılması karbon qazından daha çox istixana effekti yaratmaq üçün 58 qat daha təsirli olur. Kömürün istifadəsi böyük miqdarda CO2 və civənin tullantıları ilə müşayiət olunur. Yağ, hidrogen istehsalı üçün istifadə etmək üçün çox güclü və faydalı bir enerjidir. Təbii qaz da hidrogen hazırlamaq üçün çox xammaldır.

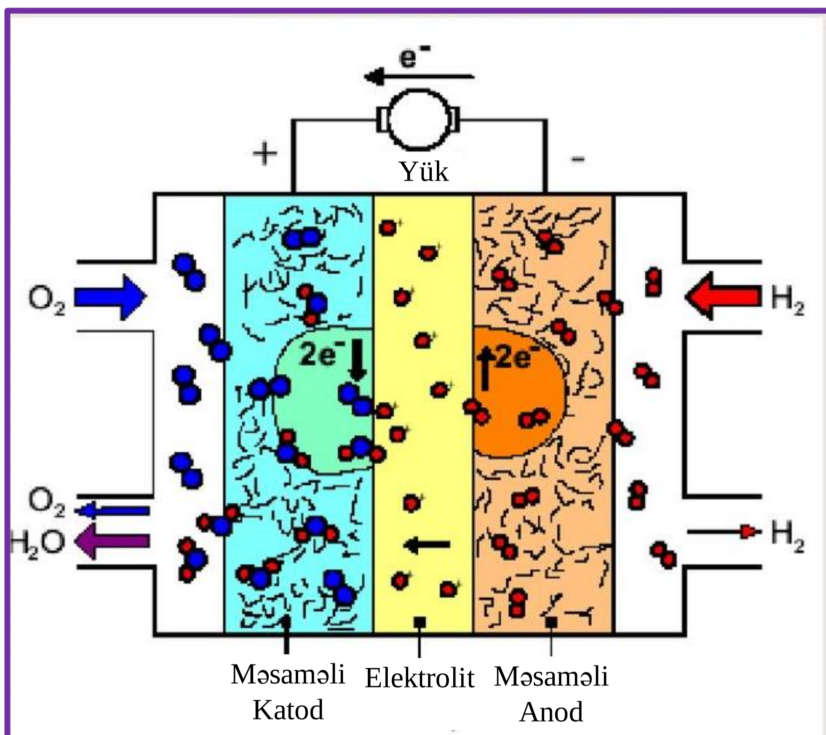
6.5. İSTİLİK ELEMENTLƏRİ

İstilik elementi (İE) kimyəvi reaksiya ilə birbaşa elektrik cərəyanı yaradan batareyaya bənzəyir. Batareya kimi, İE də anod, katod və elektrolitdən təşkil olunur (*şəkil 6.1*). Bununla yanaşı, batareyalardan fərqli olaraq, İE elektrik enerjisini toplaya bilmir, boşalmır və doldurulma üçün elektrik tələb etmir. İE-ləri yanacaq və hava təchizatı olduqda davamlı elektrik enerjisi istehsal edə bilər. İE-də kimyəvi reaksiyanın daha yüksək surətlə baş verməsi məqsədilə, çox hallarda katalizatorlardan istifadə olunur. İşləyən İE-ni təsvir etmək üçün düzgün termin elementlər sistemidir, çünki düzgün fəaliyyəti üçün bəzi köməkçi sistemlər tələb olunur.

Turbogenerator və daxili yanma mühərriklərindən fərqli olaraq, İE-də təbii qaz, kömür,mazut və s-dən ishtifadə olunmur.

Bu səs-küylü yüksək təzyiq altında fırlanan rotorların, işlənmə zamanı yüksək səslərin, titrəmələrin olmaması deməkdir. İE səssiz elektrokimyəvi reaksiya ilə elektrik enerjisi istehsal edir. Onların başqa bir xüsusiyyəti yanacağın kimyəvi enerjisini birbaşa elektrik, istilik və suya çevirmələridir.

İstilik elementləri yüksək səmərəlidir və karbon dioksid, metan və azot oksidi kimi çox miqdarda istixana qazları istehsal etmir. Onların istismarı zamanı yeganə emissiya məhsulu, buxar şəklində su və az miqdarda karbon qazıdır. Yanacaq kimi, təmiz hidrogen istifadə edildiyi təqdirdə isə ümumiyyətlə ziyanlı tulantı atılmır.



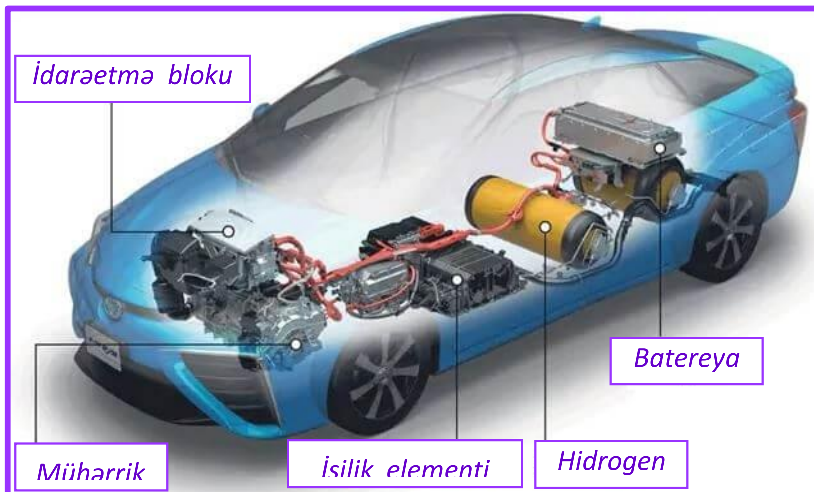
Şək. 6.1. İstilik elementinin sxemi [En.ppt-online.org]

İstilik elemtlərinin davamlı işini təmin etmək üçün istifadə olunan iki komponent - yanacaq və oksidləşdirici maddə ilə təmin etməklə dəstəklənir. İE-nin növündən asılı olaraq, hidrogen qazı, təbii qaz (metan) yanacağı, həmçinin maye karbohidrogen yanacaqlarından (məsələn, metil spirti) istifadə edilə bilər. Havada olan oksigen, ümumiyyətlə oksidləşdirici maddə rolunu oynayır.

İE-nin istifadəsi texnologiyalarının aktiv inkişafı İkinci Dünya Müharibəsindən sonra başlanmısı, aerokosmik sənaye ilə əlaqəli olmuşdur. Aerokosmik sənaye effektiv, etibarlı və kifayət qədər yığcam enerji mənbəyi üçün bir araşdırma həyata keçirildi. 1960-cı illərdə NASA mütəxəssisləri (Milli Aeronavtika və Kosmos İdarəsi) Apollo (Aya uçuşlar), "Apollo-Soyuz", "Gemini" və "Skylab" kosmik gəmiləri üçün enerji mənbəyi olaraq İE-ni seçdilər. Apollo gəmisində, elektrik enerjisi, istilik və su əldə etmək üçün kriogen hidrogen və oksigen istifadə edərək, hər birinin çəkisi 113 kq olan üç 1.5 kVt gücündə (maksimum gücü 2.2 kVt) İE-dən istifadə edilmişdi. 18 uçuş zamanı, cəmi 10 min saat İE-nin fəliyyətində hər hansı nasazlıqlar aşkar edilmədi. Hazırda, İE kosmik gəmidə bütün elektrik enerjisini yaradan üç 12 Vatt gücündə üç qurğu istifadə edən "Space Shuttle", təkrar istifadə edilə bilən kosmik aparatında istifadə olunur (*Şəkil 6.2.*). Elektrokimyəvi reaksiya nəticəsində əldə edilən su içməli su kimi, həm də avadanlığın soyudulması üçün istifadə olunur.

Hazırda İE-nin istifadəsi texnologiyalarının inkişafı bir neçə istiqamətdə inkişaf etdirilri. Bu, yanacaq kameralarında (həm mərkəzləşdirilmiş, həm də qeyri - mərkəzləşdirilmiş enerji təchizatı üçün) stasionar elektrik stansiyalarının yaradılması, nəqliyyat vasitələrinin elektrik stansiyaları (İE ilə fəaliyyət göstərən avtomobillər və avtobusların nümunələri yaradılmışdı) (*şəkil 6.4., b*) və ayrı-ayrı mobil cihazların enerji təchizatı (noutbuk, mobil telefon və s.) (*şəkil 6.4.,b*).

Beləliklə, istilik elementinin effektli, etibarlı, uzun müddətli və ekoloji cəhətdən təmiz enerji əldə olunması üçün perespektivli üsullardan biri kimi, hesab oluna bilər.



a)



Şəkil 6.4. a) istilik elementi ilə işləyən minik maşını, b) istilik elementli kompyuter (Mənbə: «NEC Corporation», Ölçüləri 270x270x40 мм, çəkisi 2kq, bir dəfə doldurulduqdan sonra işləmə müddəti 2 saat)

b)

İE-nin növləri. Hazırda istifadə olunan elektrolitin tərkibinə görə fərqləndirilən bir neçə növ İE mövcuddur. Onların aşağıda qeyd olunan dörd növü daha geniş yayılmışdır:

1. Proton mübadiləsi membranı olan İE (Proton Exchange Membrane Fuel Cells, PEMFC);

2. Ortofosforik (fosforik) turşuya əsaslanan İE (Phosphoric Acid Fuel Cells, PAFC);

3.Əridilmiş karbonat əsaslı İE (Molten Carbonate Fuel Cells, MCFC);

4. Möhkəmı oksid əsaslı İE (SOFC).

Hal hazırda İE-nin ən böyük parkı PAFC texnologiyasına əsaslanır.

Müxtəlif növ İE-nin əsas xüsusiyyətlərindən biri işləmə temperaturudur. Bir çox cəhətdən, İE-nin əhatəsini təyin edən temperaturdur. Məsələn, yüksək temperatur noutbuklar üçün vacibdir, buna görə də bu bazar seqmenti üçün aşağı işləmə temperaturu olan proton mübadiləsi membranı olan İE hazırlanır.

Binaların avtonom enerji təchizatı üçün qoyuluş gücü yüksək olan İE tələb olunur və eyni zamanda istilik enerjisindən istifadə imkanı mövcuddur, buna görə də bu məqsədlər üçün digər İE istifadə edilə bilər.

Hazlrda elektrik maşınları litium batereya ilə işləyir. Bununla birlikdə, hidrogen İE onları əvəz edə bilər. Bu halda, enerji təchizatı çəki baxımından daha yüngül olacaqdır. Bundan əlavə, maşının gücü batareya elementlərinin əlavə olması səbəbindən çəkini artırmaqla deyil, sadəcə sistemə verilən yanacaq sərfini tənzimləməklə artırıla bilər. Buna görə avtomobil istehsalçıları hidrogen ilə İE-nə böyük ümidlər bəsləyirlər.

10 ildən çoxdur ki, dünyanın bir çox ölkəsində, xüsusən ABŞ və Avropada hidrogen avtomobillərinin yaradılması üzərində işlər aparılır. Nəqliyyat vasitəsinin göyərtəsində yerləşən xüsusi filtr kompressor qurğusundan istifadə edərək oksigen birbaşa atmosferdən əldə oluna bilər. Sıxılmış hidrogen təqribən 400 atm təzyiq altında ağır bir silindrdə saxlanılır. Yanacaq doldurma bir neçə dəqiqə ərzində baş verir.

Ekoloji təmiz şəhər nəqliyyatı konsepsiyası Avropada 2000-ci illərin ortalarından etibarən tətbiq olunur: Amsterdam,

Hamburq, Barselona və Londonda bu cür sərnişin avtobuslarını artıq görə bilərsiniz. Bir metropoliyada zərərli tullantıların olmaması və səs-küyün azaldılması son dərəcə vacibdir. Almaniyada 2018-ci ildə ilk "Coradia iLint" hidrogenlə işləyən sərnişin qatarı istismara verilmişdir. 2021-ci ilə qədər daha 14 belə qatarın istismara verilməsi planlaşdırılır.

Növbəti 40 ildə avtomobillər üçün əsas enerji mənbəyi olaraq hidrogenə keçid dünyanın enerji və iqtisadiyyatını çevirə bilər. Neft və qazın ən azı 10 il ərzində yanacaq bazarında dominat olaraq qalacağı bəlli olsa da, bəzi dövlətlər hələ də bir çox texniki və iqtisadi maneələrin aradan qaldırılmasına baxmayaraq, hidrogen İE ilə işləyən nəqliyyat vasitələrinin yaradılmasına sərmayə qoyurlar.

Hidrogen infrastrukturunun, təhlükəsiz qaz stansiyalarının yaradılması əsas vəzifədir, çünki hidrogen partlayıcı bir qazdır. Bu və ya digər şəkildə, hidrogen ilə yanacaq və nəqliyyat vasitələrinin istismar dəyəri çox azaldıla bilər və etibarlılıq artırıla bilər.

Bloombergin proqnozlarına görə, 2040-cı ilədək avtomobillər gündə hazırkı 13 milyon barel əvəzinə 1900 teravatt saat sərf edəcək ki, bu da elektrik enerjisinə olan tələbatın 8% -ni təşkil edəcək, halbuki bu gün dünya neftinin 70% -i nəqliyyat üçün yanacaq istehsalında istifadə olunur. Əlbəttə ki, bu gün, batareyalı elektrikli nəqliyyat vasitələri üçün bazar perspektivləri hidrogen İE-nə nisbətən daha aydın və əlverişlidir.

2017-ci ildə elektrikli avtomobil bazarı 17,4 milyard dollar, hidrogen avtomobil bazarı isə cəmi 2 milyard dollar dəyərində olmuşdur. Bu fərqə baxmayaraq, investorlar hidrogen enerjisi ilə maraqlanmağa və yeni inkişafl istiqamətlərini maliyyələşdirməyə davam edirlər.

Beləliklə, 2017-ci ildə Audi, BMW, Honda, Toyota, Daimler, GM, Hyundai kimi 39 əsas avtomobil istehsalçısının daxil olduğu Hidrogen Şurası yaradıldı. Məqsəd yeni hidrogen

texnologiyalarının tədqiqi və inkişafı və sonradan geniş təbiqinə nail olunmaqdır.

6.6. ENERJİNİN AKUMLYASİYA SİSTEMLƏRİ

Dünya elm və texnologiya tarixinə bir ekskursiya etsək, görərik ki, XVIII əsrin sonlarından başlayaraq elektrik enerjisinin sənaye və məişətdə istifadəsi məqsədilə, dəyişən cərəyanlı böyük güclü elektrik generatorların, yerüstü (kabel) elektrik verilişi xətlərinin yaradılmasına başlanılmışdı.

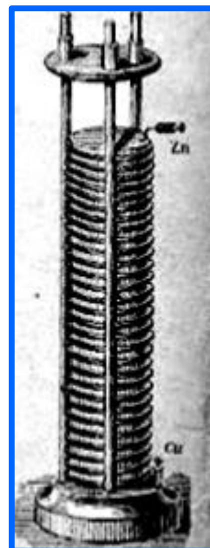
Sonra demək olar ki, elektrik generatorları ilə eyni vaxtda elektrik enerjisini müxtəlif məqsədlər üçün mexaniki enerjiyə çevirən elektrik mühərrikləri meydana gəldi. Bəs istehlakçının mövcud stasionar elektrik verilişi xəttinə qoşulma imkanı olmayan hallarında itehlakçı nə etməlidir? Bu sualın cavabı bizim vəziyyətimizdə elektrik enerjisini məsafədən ötürmək üçün Tesla cihazlarına bənzər yalnız bir naqilsiz elektrik ötürmə xətti omadıqda [100, 101] müstəqil kompakt elektrik enerjisi mənbəyi (akumlyator) ola bilər. Belə bir kompakt mobil (portativ) elektrik mənbəyinin çəki və ölçü xüsusiyyətləri elektrik istehlakçısının texniki imkanları ilə müəyyən ediləcəkdir (məsələn, böyük sualtı gəmilər və kiçik bir fərdi kompüter istifadəçisi üçün, onlar tamamilə fərqli olacaqlar). Elektrik enerji mənbəyinin təkamül prosesini xronoloji qaydada nəzərdən keçirək.

İlk elektrik akumlyatorunun (bu termin Latın dilində “yığan” deməkdir [102, 103] və bizim halda bu "elektrik enerjisini növbəti istifadə məqsəsilə toplama qurğusu” kimi təsvir edə bilərik. İlk akumlyatorların yaradılması XVIII əsrin sonu XIX əsrin əvvələrinə təsadüf edir. Məhz, 1800-cü ildə görkəmli italyan fiziki və təbiətşünas Alessandro Volt (1745-1827) tərəfindən ilk kimyəvi cərəyan mənbəyi icad edilmişdir.

Bu ixtiradan bir neçə il əvvəl məşhur italyanlı fizioloq Luigi Galvani (1737-1798) “heyvan mənşəli elektriki” ixtira etdiyinə görə, qidalanmanın elektrokimyəvi elementini A. Voltanın təklifi ilə həmyerlisinin şərəfində qalvanik adı verilmişdir [88,89]. 1800-cü ildə A. Volt yaratdığı elektrik enerjis mənbəyini təkmilləşdirərək, "Volt sütunu"nu yaratdı *(şəkil 6.5*) [102. 103].

Hesab olunur ki, məhz “Volt sütunu” akumlyasiya sistemlərinin yaradılmasının pioneri hesab olunur.

1859-cu ildə elktrotexnika Aleksandra Bekkerlya laboratoriyasında köməkçi olaraq çalışan fransız mühəndisi Gaston Plante (1834-1889) elektrik qidalanma sisteminin ikinci elementlərini təkmilləşdirilməsi ilə məşqul olmağa qərar verdi. Eyni ildə elektrik qurğuşum akumlyatorunu icad etdi və 1960-cı ildə, elektrolit qismində kükürd turşusundan istifadə edərək yaratdığı ilk akumlyatoru Fransa akademiyasına hədiyyə etdi.



Şək.6.5. “Volt sütunu”nun sxem təsviri [103].

Növbəti illərdə akumlyasiya sistemlərini təkmilləşdirilməsində, Kamill For, Valdmar Yunqer, Tomos Edison, Şlex Akerman və digər alimlərin töhfəsi danılmazdır.

Müasir kimyəvi cərəyan mənbələri onların təkrar istifadə olunma mümkünlüyü və ya mümkünsüzlüyünə görə növbəti növlərə bölünür [103] :

- galvanik elementlər (ilkin cərəyan mənbəyi) – onlarda axan proseslər dönər olmamsı səbəbindən yenidən doldurmaq mümkün deyil;
- elektrik akumlyatoru (ikinci cərəyan mənbəyi) – yenidən doldurmaq imkanı mümkündür

▪ İstilik elementləri (elektrokimyəvi generator) – galvanik elelmntlərə oxşardır, lakin onlardan onunla fərqlənir ki, elektrokimyəvi reaksiya üçün lazım olan kimyəvi maddələr xaricidən verilir və reaksiya məhsulları məcburi qaydada kənarlaşdırılır ki, bu da bunların fasiləsiz fəaliyyətinə imkan verir.

Müasir kimyəvi cərəyan mənbələrində istifadə olunan elektrolit növünə götə təsnifləşdirlir [103]:

- turşulu (məsələn, qurğuşun-turşu akumlyatoru, qurğuşun-flüor elementli);
- qələvi (məsələn, civə-sink elementli, civə-kadmiy elementli, nikel-sink akumlyatoru, nikel-kadmiyum akumlyatoru);
- duzlu (məsələn, maqniy-maqnezium elementli, sink-xlor akumlyatoru).

Qeyd edək ki, hazırda ən uzun ömürlü akumlyator 1840-cı ildə London şəhərində hazırlanan kükrd – sink akumlyatoru hesab olunur. Oksford unversitetinin Klarendon laboratoriyasında quraşdırılan bu akumlyator bu günə kimi fəaliyyətini davam etdirir [103].

Gələcəyin çağrışları. Məlumdur ki, [102, 103, 104], litium akumlyatorları bu günə qədər inamla "hökm sürür”. Son illərdə işlənmiş litium-polimer akumlytorlarının üstünlükləri sayəsində, onların mövqeyi daha da mökəmlənmişdir.

Qeyd edək ki, 2002-ci ildən başlayaraq dünyanın elm mərkəzlərində nanotexnologiyanın tətbiqi ilə yeni kükrdlü litium-ion akumlyatorları üzərində işlər davam etdirilir.

İstər qrafen istifadəsi istərsə də silikon nanoboru və ya anod və katodun nanomatrisə qarışığı olan "3D elektrodlar" (bunlar son elmi işlərdən nümunələrdir) olsun, - yanaşma əsasən eynidır: saxlanılan enerjini artırmaq üçün elektrodların sahəsini artırmaq və doldurma prosesini sürətləndirmək. Oxşar eksperimentlərin nəticələri, adətən təsiredicidir: tutum on dəfələrlə artır, doldurma müddəti iki ölçülü surətlə azalır. Eyni

zamanda, laboratoryadan sənaye istehsalına çatdırmaq üçün zaman tələb olunur.

Klassik batareyaların təkamülünün başa çatması mümkündür – növbəti mərhələdə sahə üzrə texnika fərqli bir şəkildə inkişaf edəcəkdir.

Məsələn, supertutum üzərində işlər intensiv davam etdirilir. Alanıyanın SİMENS şirkətinin 2018-ci ildə SİGRE-nin təşkil etdiyi konfrasda təqdim etdiyi məlumata əsasən, artıq 50 MVt gücündə pilot layihə icra olunmuşdur.

2015-ci ilin sonlarından başlayaraq, artıq böyük tutumlu akumlyatorlar EES-nini bütün sahələrində istifadə olunmağa başlanılmışdır. *Şəkil 6.6*-da enerji akumlyasiya sistemlərinin kumultativ paylanması və sahələr üzrə bölgüsü təqdim olunmuşdur. Sodium kükürd batareyasının tətbiqi ən geniş yayılmışdır və dünya üzrə quraşdırılmış gücü 338,9 MVt-yə (36%) çatmışdır ki, bu da yalnız litium-ion batareyasından sonra tətbiqinə görə ikinci yerdə sıralanmışdır.

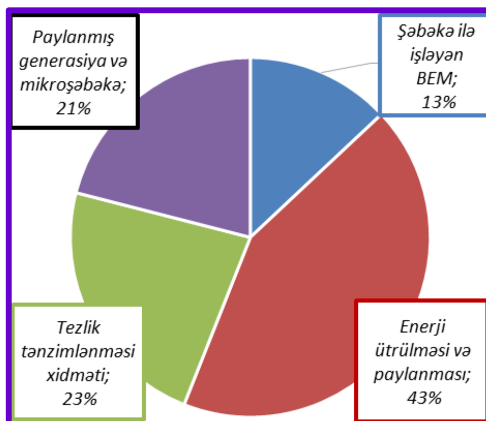


Fig.6.6. Müxtəlif təyinatlı enerji saxlanclarının global paylanması [105]

Son illərdə quraşdırılmış akumlyasiya sistemləri EES-də BEM-nin surətli tətbiqi şəraitində, əsasən sistem tezliyinin tənzimlənmə problemlərinin həllinə yönəlmişdir. Enerji akumlyasiya sistemlərinin bu xidmət sahəsi üzrə 23% təşkil edir. Ən çox güclər ABŞ-də quraşdırılmışdır.

2050-ci ilə qədər inkişaf senarilərində akumlyasiya sistemlərinin tətbiqinə geniş yer verilmişdir. Bu baxımdan,

ÇXR-in planları daha cəlbedici görsənir – 2050-ci iolə qədər akumlyasiya sistemlərinin həcminin 780 GVt-yə çatdırılması hədəf olaraq qəbul olunmuşdur [105].

Amerika Birləşmiş ştatlarının Elektrik Enerji Tədqiqat İnstitutu (EPRI) enerji saxlama texnologiyalarının tətbiqi üzrə on dörd kateqoriya müəyyən etmişdir [106]. Enerji saxlama texnologiyaları sənaye tipli BEM-nin şəbəkəyə inteqrasiyasına, enerji balansının təmin olunmasına və enerji sisteminin təhlükəsizliyinin artırılmasına təsir göstərir. Bunlar eyni zamanda, enerji saxlama texnologiyalarının inkişafı üçün də əla bir fürsət yaradacaqdır. Koreyanın Woori komersiya bankının ehtimalına görə, qlobal enerji akumlyasiya sistemlərinin həcmi hər il 26% artacaq [107].

İSTİFADƏ OLUNAN ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

[1] http://www.electrolibrary.info/history/histroryakkumul.html.

[2] Большой иллюстрированный словарь иностранных слов. – М.: Русские словари, 2004. – 957 с.

[3] Баранов М.И. Антология выдающихся достижений в науке и технике: Монография в 2-х томах. Том 1. − Харьков: Изд-во "НТМТ", 2011. − 311 с.

[4] Баранов М.И. Избранные вопросы электрофизики: Монография в 2-х томах. Том 2, Кн. 2: Теория электрофизических эффектов и задач. − Харьков: Изд-во "Точка", 2010. − 407 с.

[5] Карцев В.П., Хазановский П.М. Тысячелетия энергетики. – М.: Знание, 1984. – 224 с. – (Жизнь замечательных идей).

[6] G. Boyle. Renewable Energy: Power for a Sustainable Future, 2nd ed. Oxford, UK: Oxford University Press, 2004.

[7] Lev Polonskiy «Simens na Kavkaze» 1995 q.

[8] IEA - Annual Energy Outlook 2020 - https://www.eia.gov/outlooks/aeo/

[9] https://www.eia.gov/outlooks/aeo/ **(statista)**

[10] **10.**https://mahb.stanford.edu/blog/ipcc-warns-extreme-weather-devastates-action/.

[11] https://ourworldindata.org/energy.

[12] Primack, Joel and Nancy Ellen Abrams. The View from the Centre of the Universe: Discovering Our Extraordinary Place in the Cosmos. Riverhead, 2006.
[13] Harrison, Edward R. Cosmology: the science of the universe. Cambridge University Press, 2000.
[14] Adams, Fred C. and Greg Laughlin. The five ages of the universe: inside the physics of eternity. Free Press, 2000.
[15] Caldwell, Robert R. "Dark energy." Physics World, l.17/5, 2004, 37–42.
[16] Bottke W. F., Vokrouhlicky D., Minton D. et al. An Archean heavy bombardment from a destabilized extension of the asteroid belt // Nature. 2012. V. 485. P. 78–81.
[17] Geologic_Clock_with_events_and_periods.svg:* Woudloperderivative work: Hardwiggderivative work.
[18] Peebles, P. J. E. and B. Ratra. "The cosmological constant and dark energy." Review of Modern Physics, 75, 2003, 559–606.
[19] James, Steven R. Hominid Use of Fire in the Lower and Middle Pleistocene: A Review of the Evidence (англ.) // CurrentAnthropology (англ.) русск. : journal.-University of Chicago Press, 1989.- February (vol. 30, no. 1).- P. 1-26.- doi:10.1086/203705.
[20] «Популярная механика» (№10, Октябрь 2013).
[21] Шарль Франсуа // Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров.- 3-е изд.-М. : Советская энциклопедия, 1969-1978.
[22] Эрстед Ханс Кристиан // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / под ред.

А. М. Прохорова - 3-е изд. — М.: Советская энциклопедия, 1969.
[23] Роджерс Эрик. Физика для любознательных. – М.: Мир, 1972. – Т.2. – 634 с.
[24] "First Control of Fire by Human Beings—How Early?". Retrieved 2007-11-12.
[25] Great Barrington Historical Society, Great Barrington, Massachusetts.
[26] https://www.ideallighting.co.uk/2016/09/09/lighting-history/
[27] "20th Century Inventors: Tungsten Halogen Lamp". American History.
[28] Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, 2020 г.)
[29] Физический энциклопедический словарь. Гл. ред. А. М. Прохоров. Ред. кол. Д. М. Алексеев, А. М. Бонч-Бруевич, А. С. Боровик-Романов и др. М.: Сов. Энциклопедия, 1984. - 944 с.
[30] Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики. 5-е изд. Наука, 1976.- 664 с.
[31] Боум А. Квантовая механика: основы и приложения. М.: Мир, 1990.- 720 с.
[32] Метрология и технические измерения. Колчков В. И. Ресурс «ТОЧНОСТЬ-КАЧЕСТВО»]
[33] Официальное название по ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.
[34] http://knowledge.su/k/kulon-sharl-ogyusten
[35] Ампер, Андре Мари // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.).-СПб., 1890-1907

[36] Собрание сочинений А. Вольты: La opere di Alessandro Volta. -Vols. 1-7.-Milano, 1918-1929.
[37] https://explorable.com/herons-aeolipile
[38] Храмов Ю. А. Уатт Джеймс (Watt James) // Физики: Биографический справочник / Под ред. А. И. Ахиезера. — Изд. 2-е, испр. и дополн. — М.: Наука, 1983. — С. 267. — 400 с. — 200 000 экз. (в пер.)
[39] IRENA:Renewable energy statistics, Jule, 2020
[40] https://ozlib.com/878417/tehnika/pervaya_energeticheskie_gazoturbinnye_ustanovki
[41] Информация по техническому обслуживанию двигателй MWM/MWM GmbH, 2012.–26 с.
[42] "History of Hydropower | Department of Energy". energy.gov. Retrieved 4 May 2017
[43] Stavros I. Yannopoulos, Gerasimos Lyberatos, Nicolaos Theodossiou, Wang Li, Mohammad Valipour, Aldo Tamburrino, Andreas N. Angelakis (2015). "Evolution of Water Lifting Devices (Pumps) over the Centuries Worldwide". Water. MDPI. **7** (9): 5031–5060. doi:10.3390/w7095031.
[44] Selin, Helaine (2013). Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Westen Cultures. Springer Science & Business Media. p. 282. ISBN 9789401714167
[45] Энергетика: история, настоящее и будущее / Водяные колеса и их эволюция.
[46] Энергетика: история, настоящее и будущее / Водяные колеса и их эволюция.
[47] Галилео Галилей. Диалог о двух главнейших системах мира птолемеевой и коперниковой. М.-Л.,1948.

[48] Клавдий Птолемей. [www.astro-cabinet. ru/ library/Ptolemey/Almag_ogl.htm Альмагест, или Математическое сочинение в тринадцати книгах (перевод И.Н Веселовского)]. — М.: Наука, 1998.
[49] https://rosuchebnik.ru/material/nikolay-kopernik-geliotsentricheskaya-sistema-mira/
[50] https://www.britannica.com/technology/gnomon-timekeeping-device
[51] mənbə:https://creativecommons.org/licenses/by/1.0).
[52] IRENA/ Global Energy Transformation/ A Roadmap to 2050.
[53] 37+16 History of Wind Energy in Cutler J. Cleveland,(ed) Encyclopedia of Energy Vol.6, Elsevier, ISBN 978-1-60119-433-6, 2007, pp. 421–422
[54] Warnes, Kathy. "Poul la Cour Pioneered Wind Mill Power in Denmark". History, because it's there. Archived from the originalon 29 January 2013. Retrieved 20 January 2013.
[55] History of Wind Energy in Encyclopedia of Energy,pg. 421.
[56] Jump up to:[a] [b] History of Wind Energy in Encyclopedia of Energy Vol. 6, page 426
[57] History of Wind Energy in Energy Encyclopedia vol. 6, page 422.
[58] http://www.pearen.ca/dunlite/Dunlite.htm Dunlite history page Retrieved 28 November 2009
[59] Ahmad Y Hassan, Donald Routledge Hill (1986). Islamic Technology: An illustrated history, p.54. Cambridge University Press.ISBN 0-521-42239-6.

[60] Clive, P. J. M., Windpower 2.0: technology rises to the challengeArchived 13 May 2014 at the Wayback Machine Environmental Research Web, 2008. Retrieved: 9 May 2014.
[61] History of Wind Energy in Energy Encyclopedia Vol. 6,
[62] Erich Hau, Wind turbines: fundamentals, technologies, application, economics, Birkhäuser, 2006 ISBN 3-540-24240-6,
[63] «Encyclopedie» (Diderot and d'Alembert 1769–1772).
[64] http://energetika.in.ua/ru/books/book-1/intro
[65] The History and State of the Art of Variable-Speed wind turbine Technology in WIND ENERGY 2003 P.W.Carlin, A.S.Laxson and E.B.Muljadi.
[66] Peter Asmus, Reaping the Wind: How Mechanical Wizards, Visionaries, and Profiteers Helped Shape Our Energy Future, Island Press, 2001 ISBN 1-55963-707-2, page 45.
[67] Albert Betz. t"Wind-Energie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen" ("Wind Energy and its Extraction through Windmills"), 1926
[68] https://blog.arcadia.com/types-of-wind-turbines-being-used-today/
[69] Appendix II IEC Classification of Wind Turbines. Wind Resource Assessment and Micro-siting, Science and Engineering. 2015. pp. 269–270. doi:10.1002/9781118900116.app2. ISBN 9781118900116.
[70] "The Physics of Wind Turbines Kira Grogg Carleton College, 2005, p. 8" (PDF). Retrieved 6 November 2013.

[71] Paul Gipe (7 May 2014). "News & Articles on Household-Size (Small) Wind Turbines". Wind-works.org.
[72] Michael Barnard (7 April 2014). "Vertical Axis Wind Turbines: Great In 1890, Also-rans In 2014". CleanTechnica.
[73] "Vertical-Axis Wind Turbines". Symscape. 7 July 2008. Retrieved 6 November 2013.
[74] Exploit Nature-Renewable Energy Technologies by Gurmit Singh, Aditya Books, pp 378
[75] "The world's most powerful available wind turbine gets major power boost | MHI Vestas Offshore". www.mhivestasoffshore.com. 2018. Retrieved 22 September 2018.
[76] "World's Most Powerful Offshore Wind Turbine: Haliade-X 12 MW GE Renewable Energy". Retrieved 15 April 2020.
[77] Работы М. В. Ломоносова в области создания летательного аппарата тяжелее воздуха (на сайте «Ероплан») (недоступная ссылка). Дата обращения 29 апреля. 2001.Архивировано 29 апреля 2001 года.
[78] Вертолёты (Der Beginn - Die Hubschrauber - Seite).
[79] Ломоносов «Аэродинамика» (Lomonosov "Aerodynamic" - All the World's Rotorcraft).
[80] "Всё, что известно об этом изобретении Ломоносова, заключено в скупых строках протокола Академического собрания" (Фигуровский Н. А. Труды М. В. Ломоносова по физике и химии // Ломоносов М. В. Избранные труды по химии и физике. — М.: Издательство АН СССР, 1961.- С. 456.).

[81] А.В. Колоссовиский. Основы метрологии. 2-е переработ. И. доп.   Изд. Одесса, Mathesisi, 1014.

[82] Johanna Vogel-Prandtl: Ludwig Prandtl. Ein Lebensbild. Erinnerungen, Dokumente; [Nachdr. der Ausg.] Göttingen, Max-Planck-Inst. für Strömungsforschung, 1993; Univ.-Verl. Göttingen 2005; ISBN 3-938616-34-2.

[83] Schmitt, G. und Schwipps, W. -Pioniere der frühen Luftfahrt,Gondrom Verlag, Blindlach 1995, ISBN 3-8112-1189-7.

[84] История механики в России / Под ред. А. Н. Боголюбова, И. З. Штокало. - Киев: Наукова думка, 1987. — 392 с. Механика системы. Ч. 2. Динамика системы. - М.: Изд-во груп. слушат., 1907. - 180 с.

[85] Теория идеального ветряка / Г. Х. Сабинин . — М.: Науч.-технич. упр-ние В.С.Н.Х., 1927 (типо-лит. В.Т.У. им. Дунаева). - 27 с.: ил., черт., граф. - (С.С.С.Р. Научно-техническое управление ВСНХ. Труды Центрального аэро-гидродинамического института; № 200. Вып. 32).

[86] Теория и аэродинамический расчет ветряных двигателей / Г. Х. Сабинин. — Москва; Ленинград: Огиз - Гос. науч.-техн. изд-во, 1931 - 71 с.- (Труды научно-исследовательских институтов промышленности. Проблема использования энергии ветра/ ВСНХ СССР. Центр. аэро-гидродинамич. ин-т; № 482. Вып. 104, 6).

[87] Ветросиловая лаборатория ЦАГИ / Г. Х. Сабинин. Исследование ветряных двигателей

в ветросиловой лаборатории ЦАГИ / М. М. Чирков. - [Москва]; [Ленинград]: Госмашметиздат, 1934. - 62, [2] с., 4 вкл. л. черт., граф.: ил. - (Труды Центрального аэро-гидродинамического института им. проф. Н. Е. Жуковского/ НКТП СССР. Глав. упр. авиац. пром-сти; Вып. 164).
[88] Ulrich W. Hütter: Fangstartverfahren mit durch Schirm gedämpften Anschleppstoß. Stuttgart 1956. (Habilitation an der TH Stuttgart).
[89] Theodore Von Kármán, 1881-1963 // Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society, 1966, vol. 12, pp. 335-365, plate, by S. Goldstein (англ.).
[90] https://www.statista.com/statistics/268363/installed-wind-power-capacity-worldwide/
[91] https://www.renewableenergyworld.com/2019/01/29/report-says-offshore-wind-could-beat-onshore-wind-on-cost/#gref
[92] Powering the Future:Global Offshore Wind Workforce Outlook 2020-2024
[93] M.K. Sharma ”The study of wind energy potential from highway”. In International Journal of Engineering
[94] Research and Technology, 2012.
[95] “J Berrocal, Brian Dolan, M Tangredi” “Design of Vertical Axis Wind Turbine to Power Led Street Lights”.
[96] “Satish Balineni, Siva Rama Krishna, Bshriramkumar,”
[97] “Design and fabrication of savonious vertical axis wind turbine”.
[98] İ.M. Dvorov, V.İ. Dvorov.Термальные воды и их использование. Пособие для учащихся

[99] Даннеманн Ф. История естествознания.- Directmedia, 2013.- С. 355.- 490 с. - ISBN 9785446071951.
[100] Изобретатель и рационализатор.- Профиздат, 1968. - С. 28.
[101] Баранов М.И. Избранные вопросы электрофизики: Монография в 2-х томах. Том 1: Электрофизика и выдающиеся физики мира. − Харьков: Изд-во НТУ "ХПИ", 2008. − 252 с.
[102] http://ru.wikipedia.org/wiki/Химический_источник_тока.
[103] http://www.electrolibrary.info/history/histroryakkumul.html.
[104] http://akbgen.ru/istoriya.
[105] Bai JH, Xin SX, Liu J et al (2015) Roadmap of realizing the high penetration renewable energy in China. Proc CSEE 35(14):3699–3705
[106] EPRI (2010) Electricity energy storage technology option-A white paper primer on application, costs, and benefits. 2010
[107] Woori Investment and Securities. Industry Analysis Rechargeable Battery Industry. [S. l.], 2017.

Texnika elmləri doktoru, professor
YUSİFBƏYLİ NURƏLİ ADİL OĞLU

ENERJİ: KEÇMİŞ VƏ GƏLƏCƏK VEKTORLARIN KƏSİŞMƏSİNDƏ

Texniki Redaktorlar: As.M. Hüseynov, Ş. Nəsirov
Korrektor: Ş.Nəsirov
Rəssam: F. Yusifbəyli
Bilgisayar işləmələri: N. Yusifbəyli, F. Yusifbəyli

Nəşrə imzalanıb: 05.08.2020
Tiraj: 500
Əla növ kağız
Format 60×90/16. Ofset kağızı, Ofset nəşri.